

# Modulhandbuch

---

## Master

# Electrical Power and Control Engineering

---

**Studienordnungsversion: 2013**

**gültig für das Wintersemester 2018/19**

Erstellt am: 05. November 2018  
aus der POS Datenbank der TU Ilmenau  
Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-mhb-12083

# Inhaltsverzeichnis

Name des Moduls/Fachs	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.F	Ab- schluss	LP
<b>Grundlagen der Energiesysteme und -geräte</b>											FP	10
Grundlagen der Energiesysteme und -geräte (EES1 / ETG1) - EPCE	4	3	1								PL	10
<b>Regelungs- und Systemtechnik 2- Profil EIT</b>											FP	5
Regelungs- und Systemtechnik 2 - Profil EIT	2	1	1								PL	5
<b>Modellbildung und Simulation</b>											PL	5
Modellbildung	1	1	0								PL 30min	3
Simulation			1	1	0						PL	2
<b>Leistungselektronik 2 - Theorie</b>											FP	5
Leistungselektronik 2 - Theorie			2	2	1						PL 30min	5
<b>Elektrische Maschinen 1</b>											FP	5
Elektrische Maschinen 1	2	1	0								PL 45min	5
<b>Module aus Wahlkatalog</b>												
Grundlagen des Betriebs und die Analyse elektrischer Energiesysteme (EES2)											FP	5
Grundlagen des Betriebs und der Analyse elektrischer Energiesysteme			2	2	0						PL 30min	5
Netzleittechnik und Energiemanagementsysteme (EES3)											FP	5
Netzleittechnik und Energiemanagementsysteme (EES3)			2	2	0						PL 30min	5
Elektroenergie- und Netzqualität (EEQ)											FP	5
Elektroenergie- und Netzqualität			3	1	0						PL 30min	5
Berechnung elektrischer Netze und Anlagen (BENA)											FP	5
Berechnung elektrischer Netze und Anlagen			3	1	0						PL 30min	5
Netzdynamik, HGÜ und FACTS (EES4)											FP	5
Netzdynamik, HGÜ und FACTS (EES4)				2	2	0					PL 30min	5
Schutz elektrischer Netze und Anlagen (SENA)											FP	5
Schutz elektrischer Netze und Anlagen				3	1	0					PL 30min	5
Dezentrale und zentrale Elektroenergieversorgung (EEV)											FP	5
Dezentrale und zentrale Elektroenergieversorgung				3	1	0					PL 30min	5
Elektrische Maschinen 2											FP	5
Elektrische Maschinen 2			2	1	0						PL 45min	5
Magnetische Kreise in Energiewandlern											FP	5
Auslegung elektrischer Maschinen											FP	5
Auslegung elektrischer Maschinen				2	2	0					PL 45min	5
Nichtlineare Regelungssysteme 1											FP	5
Nichtlineare Regelungssysteme 1			2	1	1						PL	5
Systemidentifikation											FP	5
Systemidentifikation			2	1	1						PL	5
Digitale Regelungssysteme											FP	5
Digitale Regelungssysteme			2	1	1						PL	5
Nichtlineare Regelungssysteme 2											FP	5
Nichtlineare Regelungssysteme 2				2	1	1					PL	5
Fuzzy und Neuro Control											FP	5
Fuzzy- and Neuro Control				2	1	1					PL	5
Dynamische Prozessoptimierung											FP	5
Dynamische Prozessoptimierung			2	1	1						PL	5

Adaptive und strukturvariable Regelungssysteme						FP	5
Adaptive und strukturvariable Regelungssysteme		2 1 1				PL	5
Elektroprozessentechnik						FP	5
Elektroprozessentechnik		2 2 0				PL 30min	5
Wärme- und Stoffübertragung						FP	5
Wärme- und Stoffübertragung		2 2 0				PL 30min	5
Elektrische Energiewandlung						FP	5
Elektrische Energiewandlung		2 2 0				PL 30min	5
Numerische Simulation in der Elektroprozessentechnik						FP	5
Numerische Simulation in der Elektroprozessentechnik		2 2 0				PL 30min	5
Lichtbogen und Kontaktphysik						FP	5
Lichtbogen und Kontaktphysik		2 2 1				PL 60min	5
Blitz- und Überspannungsschutz (BUE)						FP	5
Blitz- und Überspannungsschutz		2 2 0				PL 30min	5
Elektrotechnische Geräte und Anlagen 2						FP	5
Elektrotechnische Geräte und Anlagen 2		2 1 1				PL 60min	5
Technologie der Schaltgeräte						FP	5
Technologie der Schaltgeräte		2 1 1				PL 60min	5
Transiente Vorgänge in elektrischen Anlagen (TVA)						FP	5
Transiente Vorgänge in elektrischen Anlagen		2 2 0				PL 30min	5
Transientenmesstechnik (TMT)						FP	5
Transientenmesstechnik		2 2 0				PL 30min	5
Auslegung leistungselektronischer Schalter						FP	5
Auslegung leistungselektronischer Schalter		2 1 0				PL 30min	5
Technologische Stromversorgung						FP	5
Technologische Stromversorgung		2 1 0				PL 30min	5
Aktive Filter und Leistungsflussregelung in elektrischen Netzen						FP	5
Aktive Filter und Leistungsflussregelung in elektrischen Netzen		2 2 0				PL 45min	5
Modellbildung und Simulation in leistungselektronischen Systemen						FP	5
Modellbildung und Simulation in leistungselektronischen Systemen		2 1 1				PL 30min	5
Ansteuerautomaten						FP	5
Ansteuerautomaten		2 2 0				PL 30min	5
Elektromagnetische Verträglichkeit in der Energietechnik						FP	5
Elektromagnetische Verträglichkeit in der Energietechnik		2 0 1				PL 60min	5
Energieeinsatzoptimierung - Grundlagen						FP	5
Energieeinsatzoptimierung - Grundlagen						PL 30min	5
Energieeinsatzoptimierung multimodaler Energieversorgungssysteme						FP	5
Energieeinsatzoptimierung multimodaler Energieversorgungssysteme						PL 30min	5
<b>Technisch-wissenschaftliches Spezialseminar</b>						FP	5
Technisch-wissenschaftliches Spezialseminar		0 3 0				PL	5
<b>Interdisziplinäres Seminar</b>						FP	5
Interdisziplinäres Seminar		0 3 0				PL	5
<b>Innovationsarbeit</b>						FP	15
Abschlusskolloquium zur Innovationsarbeit						PL 30min	0
Innovationsarbeit		450 h				PL	15
<b>Master-Arbeit mit Kolloquium</b>						FP	30

Kolloquium zur Master-Arbeit  
Masterarbeit



900 h



PL 45min 5  
MA 6 25

## Modul: Grundlagen der Energiesysteme und -geräte

Modulnummer: 100859

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

#### Kennenlernen

- Typische Netzformen und -ebenen
- Verschiedenen Betriebsfälle
- Elektrischer Geräte
- 1ph. Berechnung von Drehstromsystemen mit p.u.-Größen
- Symmetrischen Komponenten
- Aufbau und Modellierung von Netzelementen für quasi stationäre Berechnungen
- Grundlagen Netzschutz

#### Erwerb von Kompetenzen

- Anwendung von Zeigerdiagrammen
- Leistungsflussberechnung nicht vermaschter Netze
- Funktionsweise von elektrischen Energiesystemen
- Berechnung von unsymmetrischen Belastungen
- Durchführung einfacher Fehlerrechnungen
- Selbständiges Bearbeiten technisch, wissenschaftlicher Fragestellungen

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Erfüllung der Zulassungsbedingungen zum Studium

### Detailangaben zum Abschluss

Ab dem Wintersemester 2015/2016 besteht die alternative Prüfungsleistung aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung (Teil Elektrische Geräte 1), einer 180-minütigen schriftlichen Prüfung (Teil Elektrische Energiesysteme 1) sowie der Absolvierung von zwei Praktikumsversuchen. Die Prüfungen gehen jeweils mit 40 Prozent, die Praktikumsversuche mit 20 Prozent in die Gesamtbewertung ein.

Alle abzulegenden Leistungen des Moduls müssen in einem Semester angetreten werden. Nicht bestandene Leistungen sind in nachfolgenden Semestern zu wiederholen.

#### Abschluss im Studiengang TKS (Bachelor):

Die alternative Prüfungsleistung besteht aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung (Teil Elektrische Geräte 1) und einer 180-minütigen schriftlichen Prüfung (Teil Elektrische Energiesysteme 1). Die Prüfungen gehen jeweils mit 50 Prozent in die Gesamtbewertung ein.

Alle abzulegenden Leistungen des Moduls müssen in einem Semester angetreten werden. Nicht bestandene Leistungen sind in nachfolgenden Semestern zu wiederholen.

**Grundlagen der Energiesysteme und -geräte (EES1 / ETG1) - EPCE**

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100915

Prüfungsnummer: 2100515

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 10			Workload (h):300			Anteil Selbststudium (h):210			SWS:8.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
	4	3	1																											

**Lernergebnisse / Kompetenzen****Kennenlernen**

- Typische Netzformen und -ebenen
- Verschiedenen Betriebsfälle
- Elektrischer Geräte
- 1ph. Berechnung von Drehstromsystemen mit p.u.-Größen
- Symmetrischen Komponenten
- Aufbau und Modellierung von Netzelementen für quasi stationäre Berechnungen
- Grundlagen Netzschutz

**Erwerb von Kompetenzen**

- Anwendung von Zeigerdiagrammen
- Leistungsflussberechnung nicht vermaschter Netze
- Funktionsweise von elektrischen Energiesystemen
- Berechnung von unsymmetrischen Belastungen
- Durchführung einfacher Fehlerrechnungen
- Selbständiges Bearbeiten technisch, wissenschaftlicher Fragestellungen

**Vorkenntnisse**

- ingenieurwissenschaftliches Grundstudium
- Grundlagen der Elektrotechnik, Mathematik

**Inhalt**

- Mathematische Grundlagen
- Betriebsmittelmodelle
- Grundlegende Betriebssituationen

**Medienformen**

Skript, Folien, Tafelbilder, Arbeitsblätter

**Literatur**

- [1] Heuck, K.; Dettmann K.-D. : Elektrische Energieversorgung: Vieweg-Verlag Wiesbaden, 2004
- [2] Oswald, B.; Oeding, D.: Elektrische Kraftwerke und Netze, Springer 2004
- [3] Crastan, V.: Elektrische Energieversorgung 1, Springer, 2000
- [4] Handschin, E.: Elektrische Energieübertragungssysteme, Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH, Heidelberg, 1987, ISBN 3-7785-1401-6
- [5] Kundur: "Power System Control and Stability", Macgraw Hill, 1994

**Detailangaben zum Abschluss**

Ab dem Wintersemester 2015/2016 besteht die alternative Prüfungsleistung aus einer 60-minütigen mündlichen Prüfung (Teil Elektrische Geräte 1), einer 180-minütigen schriftlichen Prüfung (Teil Elektrische Energiesysteme 1) sowie der Absolvierung von zwei Praktikumsversuchen. Die Prüfungen gehen jeweils mit 40 Prozent, die Praktikumsversuche mit 20 Prozent in die Gesamtbewertung ein.

Alle abzulegenden Leistungen des Moduls müssen in einem Semester angetreten werden. Nicht bestandene Leistungen sind im nachfolgenden Semester zu wiederholen. Bestandene Teilleistungen bleiben 2 weitere Semester (ein Jahr) gültig. Erfolgt der Abschluss des Moduls in dieser Zeit nicht, sind alle Teilleistungen neu abzulegen.

Abschluss im Studiengang TKS (Bachelor):

Die alternative Prüfungsleistung besteht aus einer 60-minütigen mündlichen Prüfung (Teil Elektrische Geräte 1) und einer 180-minütigen schriftlichen Prüfung (Teil Elektrische Energiesysteme 1). Die Prüfungen gehen jeweils mit 50 Prozent in die Gesamtbewertung ein.

Alle abzulegenden Leistungen des Moduls müssen in einem Semester angetreten werden. Nicht bestandene Leistungen sind im nachfolgenden Semester zu wiederholen. Bestandene Teilleistungen bleiben 2 weitere Semester (ein Jahr) gültig. Erfolgt der Abschluss des Moduls in dieser Zeit nicht, sind alle Teilleistungen neu abzulegen.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Regelungs- und Systemtechnik 2- Profil EIT

Modulnummer: 100318

Modulverantwortlich: Dr. Kai Wulff

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

- Die Studierenden können für ein nichtlineares Zustandsraummodell eine an einer Trajektorie gültige lineare Approximation bestimmen.
- Die Studierenden kennen die Lösungen und grundlegenden Eigenschaften von zeitvarianten und zeitinvarianten linearen Systemen im Zeitkontinuierlichen und Zeitdiskreten.
- Die Studierenden sind in der Lage, lineare Abtastmodelle zu bestimmen.
- Die Studierenden sind befähigt, die wichtigsten Stabilitätskonzepte und -kriterien bei linearen Systemen anzuwenden.
- Die Studierenden können die Konzepte Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit auf Anwendungen übertragen und diese anhand von Kriterien problemangepaßt analysieren.
- Die Studierenden beherrschen den Entwurf von Zustandsreglern und Zustandsbeobachtern mit Hilfe der Formel von Ackermann.
- Die Studierenden können Folgeregelungen für lineare Eingrößensysteme auslegen.
- Die Studierenden können Entkopplungsregler für lineare Mehrgrößensysteme entwerfen.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

### Detailangaben zum Abschluss

schriftliche Prüfung (120 Minuten)

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum inkl. Testat erfolgreich absolviert werden.



## Regelungs- und Systemtechnik 2 - Profil EIT

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100273

Prüfungsnummer: 220333

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Informatik und Automatisierung									Fachgebiet:2213																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
	2	1	1																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Die Studierenden können für ein nichtlineares Zustandsraummodell eine an einer Trajektorie gültige lineare Approximation bestimmen.
- Die Studierenden kennen die Lösungen und grundlegenden Eigenschaften von zeitvarianten und zeitinvarianten linearen Systemen im Zeitkontinuierlichen und Zeitdiskreten.
- Die Studierenden sind in der Lage, lineare Abtastmodelle zu bestimmen.
- Die Studierenden sind befähigt, die wichtigsten Stabilitätskonzepte und -kriterien bei linearen Systemen anzuwenden.
- Die Studierenden können die Konzepte Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit auf Anwendungen übertragen und diese anhand von Kriterien problemangepaßt analysieren.
- Die Studierenden beherrschen den Entwurf von Zustandsreglern und Zustandsbeobachtern mit Hilfe der Formel von Ackermann.
- Die Studierenden können Folgeregelungen für lineare Eingrößensysteme auslegen.
- Die Studierenden können Entkopplungsregler für lineare Mehrgrößensysteme entwerfen.

### Vorkenntnisse

Abgeschlossenes gemeinsames ingenieurwissenschaftliches Grundstudium (GIG)

### Inhalt

- Lineare Mehrgrößensysteme: Zustandsdarstellung, Linearität, Zeitvarianz & Zeitinvarianz, zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Systeme
- Linearisierungen: am Betriebspunkt, entlang einer Trajektorie, durch Eingangs-/Zustandstransformation
- Lösung im Zeitbereich: Ähnlichkeitstransformation, Jordan-Normalform, Transitionsmatrix, zeitdiskrete und abgetastete Systeme; Vergleich mit Lösung über Übertragungsfunktion
- Stabilität: gleichmäßig, asymptotisch, nach Lyapunov, exponentiell; Kriterien: Norm der Transitionsmatrix, Eigenwerte, Hurwitz-Kriterium, Kharitonov-Polynome, Lyapunov-Funktion; im Zeitdiskreten: Eigenwerte, Hurwitz-Kriterium über Tustin-Transformation
- Steuerbarkeit & Erreichbarkeit: Begriffsklärung; Kriterien: Steuerbarkeits-Grassche, Silverman-Meadows-Kriterium, Rangkriterium nach Kalman, Popov-Belevitch-Hautus-Kriterium (zeitdiskret & zeitkontinuierlich)
- Zustandsregler: Regelungsnormalform, Polvorgaberegler, Vorfilterentwurf, Formel von Ackermann, Deadbeat-Regler
- Erweiterungen: PI-Zustandsregler, einfache Entkopplungsregler, inversionsbasierter Entwurf von Folgeregelungen, Minimalphasigkeit
- Beobachtbarkeit & Rekonstruierbarkeit: Begriffsklärung; Kriterien: Beobachtbarkeits-Grassche, Silverman-Meadows-Kriterium, Rangkriterium nach Kalman; Dualität
- Beobachter: Beobachtbarkeitsnormalform, Zustandsbeobachter und Separationstheorem

<https://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/lehre/regelungs-und-systemtechnik-2/>

### Medienformen

Entwicklung an der Tafel, Beiblätter, Übungsblätter und Simulationsbeispiele unter:

<http://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/lehre/regelungs-und-systemtechnik-2>

### Literatur

- Ludyk, G., Theoretische Regelungstechnik 1 & 2, Springer, 1995
- Olsder, G., van der Woude, J., Mathematical Systems Theory, VSSD, 3. Auflage, 2004
- Rugh, W., Linear System Theory, Prentice Hall, 2. Auflage, 1996

#### Detailangaben zum Abschluss

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum positiv abgeschlossen werden.

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
 Bachelor Informatik 2013  
 Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
 Bachelor Mechatronik 2013  
 Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010  
 Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013  
 Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
 Master Biomedizinische Technik 2014  
 Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
 Master Micro- and Nanotechnologies 2008  
 Master Micro- and Nanotechnologies 2013  
 Master Miniaturisierte Biotechnologie 2009  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

## Modul: Modellbildung und Simulation

Modulnummer: 100861

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Pu Li

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden können für wesentliche technische Systeme ein mathematisches Modell aufbauen, das für Analyse, Simulation und Reglerentwurf geeignet ist. Sie kennen wesentliche Modellbildungsprinzipien der theoretischen Modellbildung und können im Rahmen einer experimentellen Modellbildung eine Parameteridentifikation und eine Modellvalidierung durchführen.

Sie sind in der Lage, Simulationsaufgabenstellungen zu bewerten und eine systematische Herangehensweise an die Problemlösung anzuwenden. Die Studierenden testen und beurteilen sowohl die blockorientierte, die zustandsorientierte als auch die objektorientierte Simulation einschließlich der Spezifika, wie z.B. numerische Integrationsverfahren, physikalische Modellierung. Durch vorgestellte Simulationssprachen, -systeme und -software (MATLAB/SIMULINK, Scilab, OpenModelica, PHASER) können die Studierenden typische Simulationsaufgaben im regelungstechnischen Umfeld und darüber hinaus bewerten und entwickeln.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Vorausgesetzt wird der erfolgreiche Abschluss folgender Fächer:

- Mathematik 1 und 2
- Physik 1 und 2
- Elektrotechnik 1

### Detailangaben zum Abschluss

## Modellbildung

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 6316

Prüfungsnummer: 2200242

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Pu Li

Leistungspunkte: 3			Workload (h):90			Anteil Selbststudium (h):68			SWS:2.0																					
Fakultät für Informatik und Automatisierung						Fachgebiet:2212																								
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
	1	1	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können für wesentliche technische Systeme ein mathematisches Modell aufbauen, das für Analyse, Simulation und Reglerentwurf geeignet ist. Sie kennen wesentliche Modellbildungsprinzipien der theoretischen Modellbildung und können im Rahmen einer experimentellen Modellbildung eine Parameteridentifikation und eine Modellvalidierung durchführen.

### Vorkenntnisse

Vorausgesetzt wird der erfolgreiche Abschluss folgender Fächer:

- Mathematik 1 und 2
- Physik 1 und 2
- Elektrotechnik 1

### Inhalt

Möchte man das Verhalten eines technischen Systems vor seiner Realisierung simulativ untersuchen oder eine Regelung für das System entwerfen, benötigt man ein Modell (also eine mathematische Beschreibung) des Systems. Die Entwicklung eines geeigneten Modells kann sich in der Praxis als aufwändig erweisen. In der Vorlesung werden systematische Vorgehensweisen und Methoden für eine effiziente Modellbildung entwickelt. Dabei wird in die Wege der theoretischen und experimentellen Modellbildung unterschieden.

Nach einer Einführung (Kapitel 1) werden zunächst Methoden der theoretischen Modellbildung (Kapitel 2) vorgestellt. Ausgangspunkt sind Modellansätze und Modellbildungsprinzipien in verschiedenen physikalischen Domänen wie z.B. der Mechanik. Diese werden durch Analogiebetrachtungen und die Darstellung im Blockschaltbild miteinander verknüpft, und Methoden zur Modellvereinfachung werden diskutiert. Für die experimentelle Modellbildung (Kapitel 3-5) werden allgemeine Modellansätze eingeführt und anschließend Methoden Identifikation von Modellparametern aus Messdaten entwickelt. Zur effizienten experimentellen Analyse von Systemen wird die Möglichkeit der Modellvalidierung durch statistische Tests vorgestellt.

Die Kapitel der Vorlesung gliedern sich wie folgt:

1. Einführung
2. Physikalische („Whitebox“) Modelle
3. Allgemeine („Blackbox“) Modelle
4. Parameteridentifikation
5. Modellvalidierung durch statistische Tests

### Medienformen

Die Konzepte werden während der Vorlesung an der Tafel entwickelt. Über Beamer steht ergänzend das Skript mit Beispielen und Zusammenfassungen zur Verfügung. Zur Veranschaulichung werden numerische Simulationen gezeigt.

Das Skript kann im Copyshop erworben oder im PDF-Format frei herunter geladen werden. Auf der Vorlesungs-Webseite finden sich weiterhin aktuelle Informationen, Übungsaufgaben und Unterlagen zur Prüfungsvorbereitung.

### Literatur

- R. Isermann, M. Münchhof: Identification of Dynamic Systems – An Introduction with Applications, Springer

Verlag, 2011

- J. Wernstedt: Experimentelle Prozessanalyse, VEB Verlag Technik, 1989
- K. Janschek: Systementwurf mechatronischer Systeme, Methoden – Modelle – Konzepte, Springer, 2010
- W. Kleppmann: Taschenbuch Versuchsplanung, Produkte und Prozesse optimieren, 7. Auflage, Hanser, 2011

Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
Bachelor Ingenieurinformatik 2008  
Bachelor Maschinenbau 2013  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013  
Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009 Vertiefung ABT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ABT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ABT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT

## Simulation

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 1400

Prüfungsnummer: 2200249

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Pu Li

Leistungspunkte: 2		Workload (h):60		Anteil Selbststudium (h):38		SWS:2.0															
Fakultät für Informatik und Automatisierung						Fachgebiet:2212															
SWS nach Fach- semester	1.FS		2.FS		3.FS		4.FS		5.FS		6.FS		7.FS		8.FS		9.FS		10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
			1 1 0																		

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können Grundbegriffe der Modellierung und Simulation und die historische Einordnung der analogen Simulation im Vergleich zum Schwerpunkt der Veranstaltung, der digitalen Simulation zeitkontinuierlicher und zeitdiskreter Systeme, darlegen. Sie sind in der Lage, Simulationsaufgabenstellungen zu bewerten und eine systematische Herangehensweise an die Problemlösung anzuwenden. Die Studierenden testen und beurteilen sowohl die blockorientierte, die zustandsorientierte als auch die objektorientierte Simulation einschließlich der Spezifika, wie z.B. numerische Integrationsverfahren, physikalische Modellierung. Durch vorgestellte Simulationssprachen, -systeme und -software (MATLAB/Simulink, Modelica, OpenModelica) können die Studierenden typische Simulationsaufgaben im regelungstechnischen Umfeld und darüber hinaus bewerten und entwickeln. In einem Hausbeleg weist jeder Studierende seine Fähigkeit nach, eine Simulationsaufgabe zu lösen und auszuwerten.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Mathematik, der Physik, der Modellbildung sowie der Regelungs- und Systemtechnik

### Inhalt

Einführung: Einsatzgebiete, Abgrenzung, Rechenmittel, Arbeitsdefinition, Systematik bei der Bearbeitung von Simulations- und Entwurfsaufgaben; Systembegriff (zeitkontinuierlich (ODE- und DAE-Systeme), zeitdiskret, qualitativ, ereignis-diskret, chaotisch) mit Aufgabenstellungen; Analoge Simulation: Wesentliche Baugruppen und Programmierung von Analogrechnern, Vorzüge und Nachteile analoger Berechnung, heutige Bedeutung; Digitale Simulation: blockorientierte Simulation, Integrationsverfahren, Einsatzempfehlungen, algebraische Schleifen, Schrittweitensteuerung, steife Differenzialgleichungen, Abbruchkriterien; zustandsorientierte Simulation linearer Steuerungssysteme; physikalische objektorientierte Modellierung und Simulation; Simulationssprachen und -systeme: MATLAB (Grundaufbau, Sprache, Matrizen und lineare Algebra, Polynome, Interpolation, gewöhnliche Differenzialgleichungen, schwach besetzte Matrizen, M-File-Programmierung, Visualisierung, Simulink, Toolboxen, Beispiele); Einführung in die objektorientierte Modellierungssprache Modelica und das Simulationssystem OpenModelica (Merkmale, Modellierungsumgebung, Bibliotheken, Beispiele, Optimierung)

### Medienformen

Präsentation, Vorlesungsskript, Tafelanschrieb, Übungen im PC-Pool, Hausbeleg am PC

### Literatur

- Biran, A., Breiner, M.: MATLAB 5 für Ingenieure, Addison-Wesley, 1999.  
 Bossel, H.: Simulation dynamischer Systeme, Vieweg, 1987.  
 Bossel, H.: Modellbildung und Simulation, Vieweg, 1992.  
 Bub, W., Lugner, P.: Systematik der Modellbildung, Teil 1: Konzeptionelle Modellbildung, Teil 2: Verifikation und Validation, VDI-Berichte 925, Modellbildung für Regelung und Simulation, VDI-Verlag, S. 1-18, S. 19-43, 1992.  
 Cellier, F. E.: Continuous System Modeling, Springer, 1991.  
 Cellier, F. E.: Integrated Continuous-System Modeling and Simulation Environments, In: Linkens, D.A. (Ed.): CAD for Control Systems, Marcel Dekker, New York, 1993, pp. 1-29.  
 Fritzson, P.: Principles of object-oriented modeling and simulation with Modelica 2.1, IEEE Press, 2004.  
 Fritzson, P.: Introduction to Modeling and Simulation of Technical and Physical Systems with Modelica. Wiley-IEEE Press, 2011  
 Gomez, C.: Engineering and scientific computing with Scilab, Birkhäuser, 1999.  
 Hoffmann, J.: MATLAB und SIMULINK, Addison-Wesley, 1998.

Hoffmann, J., Brunner, U.: MATLAB und Tools: Für die Simulation dynamischer Systeme, Addison-Wesley, 2002.

Kocak, H.: Differential and difference equations through computer experiments, (... PHASER ...), Springer, 1989.

Otter, M.: Objektorientierte Modellierung Physikalischer Systeme, Teil 1, at - Automatisierungstechnik, (47(1999) 1, S. A1-A4 (und weitere 15 Teile von OTTER, M. als Haupt- bzw. Co-Autor und anderer Autoren in Nachfolgeheften).

Scherf, H.E.: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme, Oldenbourg, 2003.

#### Detailangaben zum Abschluss

Mündliche Prüfung, 30 min. (für Bachelor-Studiengänge bis Prüfungsordnungsversion 2012) bzw.

Max. 40 Punkte für schriftlichen Beleg im Fach Simulation als Bestandteil des Moduls "Modellbildung und Simulation"

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Bachelor Informatik 2010

Bachelor Ingenieurinformatik 2008

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013

Master Electrical Power and Control Engineering 2008

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009 Vertiefung ABT

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ABT

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ABT

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT

## Modul: Leistungselektronik 2 - Theorie

Modulnummer: 101489

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jürgen Petzoldt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden kennen grundlegende systematische Zusammenhänge zwischen Schaltnetzwerk, Kommutierungsprinzip, Steuerverfahren und Eigenschaften leistungselektronischer Schaltungen. Sie sind in der Lage, leistungselektronische Systeme im elektrischen Energiesystem zu entwerfen und zu dimensionieren. Sie können leistungselektronische Schaltnetze in Einheit mit deren Regelstrategie auf unterschiedlichen Abstraktionen beschreiben und die Systemstabilität bewerten. Sie haben einen vollständigen Überblick über alle schaltungstechnischen Möglichkeiten der Leistungselektronik.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Grundlagen des ingenieurwissenschaftlichen Studiums

### Detailangaben zum Abschluss



## Leistungselektronik 2 - Theorie

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 101345

Prüfungsnummer: 2100542

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jürgen Petzoldt

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):94			SWS:5.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2161																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	2	1																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Die Studierenden kennen grundlegende systematische Zusammenhänge zwischen Schalternetzwerk, Kommutierungsprinzip, Steuerverfahren und Eigenschaften leistungselektronischer Schaltungen.
- Sie sind in der Lage, leistungselektronische Systeme im elektrischen Energiesystem zu entwerfen und zu dimensionieren. Sie können leistungselektronische Schalternetzwerke in Einheit mit deren Regelstrategie auf unterschiedlichen Abstraktionen beschreiben und die Systemstabilität bewerten. Sie haben einen vollständigen Überblick über alle schaltungstechnischen Möglichkeiten der Leistungselektronik.

### Vorkenntnisse

- Grundlagen des ingenieurwissenschaftlichen Studiums

### Inhalt

- Schalternetzwerke und Steuerfreiheitsgrade
- Schaltfunktion s und Steuerfunktion d
- Ansteuerprinzipien – verallgemeinerte PWM-Verfahren
- Energieübertragung über Schalternetzwerke von Netz 1 zu Netz 2 (1 bis 3 Phasen, 2 bis 5 Leitersysteme)
- Kaskadierung (Reihen- und Parallel)
- Klassifizierung von Stromrichterschaltungen
- Symmetrische Komponenten und Nullsysteme
- Hochfrequenzverhalten von SR-Systemen (einschließlich EMV-Wirkungen)
- Thermische Dimensionierung und Modelle
- Theoretische Beschreibung von SR-Systemen auf unterschiedlichen Modellebenen
- Steuer- und Regelstrategien
- Stabilität, systemtheoretische Beschreibung

### Medienformen

Skript, Arbeitsblätter, Simulationstools, Anschauungsmaterial, Laborversuche

### Literatur

wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

### Detaillangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Elektrische Maschinen 1

Modulnummer: 100647

Modulverantwortlich: Dr. Andreas Möckel

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden kennen grundlegende physikalische Prinzipien der mechanischen Energiewandlung. Sie verstehen den grundsätzlichen Wicklungsaufbau, die Feldverteilung und die Drehmomentbildung von Stator und Rotor rotierender elektrischer Maschinen. Sie sind in der Lage, das Grundprinzip, den Aufbau und das Betriebsverhalten von Gleichstrom-, Drehstromasynchron- und Drehstromsynchronmaschinen zu verstehen und anzuwenden.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Grundlagen des ingenieurwissenschaftlichen Studiums

### Detailangaben zum Abschluss

# Elektrische Maschinen 1

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100265

Prüfungsnummer: 2100413

Fachverantwortlich: Dr. Andreas Möckel

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):116			SWS:3.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2165																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
	2	1	0																											

## Lernergebnisse / Kompetenzen

In der Lehrveranstaltung „Elektrische Maschinen 1“ wenden die Studenten ihre Kenntnisse über die Elektrotechnik, der Experimentalphysik, des Maschinenbaus und der Werkstoffe an. Sie sind in der Lage Energiewandlungsprozesse zu erkennen, zu systematisieren und zu beschreiben. Sie sind befähigt, elektromagnetische Vorgänge zu analysieren und die im Einsatzfall gegebenen Anforderungen durch die Wahl des Energiewandlers zu entsprechen. Dabei bewerten sie Formen und Zyklen des Antriebs und wählen die Komponenten des Antriebs aus. Sie besitzen die Fähigkeiten, das Bewegungsverhalten des Antriebs zu bewerten und sowohl die elektronischen Ansteuerungen auszuwählen als auch die Eigenschaften der Energiewandler vorteilhaft zu nutzen.

Damit besitzen sie die Kenntnisse, Wissensgebiete zu kombinieren und kreativ Antriebsaufgaben zu lösen.

## Vorkenntnisse

Vorausgesetzt werden die im Grundstudium erworbenen Kenntnisse der Mathematik, Experimentalphysik und Mechanik. Eine Übersicht der Maschinenelemente und darüber hinaus Fertigkeiten im technischen Zeichnen und Konstruieren von Maschinenbauteilen erleichtern das Verständnis für die Ausführung realer Energiewandler und die zu erfüllenden die Anforderungen.

## Inhalt

1. Wirkungsweise rotierender elektrischer Maschinen
2. Das magnetische Feld in rotierenden elektrischen Maschinen
3. Aufbau, modellbasierte Beschreibung, Ableitung des Betriebsverhalten, Hinweise zum vorteilhaften Einsatz des jeweiligen Maschinentyps, Möglichkeiten zur Steuerung und Regelung für die Grundformen von:
  - dreiphasige symmetrische Synchronmaschine
  - dreiphasige symmetrische Asynchronmaschine
  - elektrisch und permanentmagneterregte Gleichstrommaschine

## Medienformen

Vorlesungsskript, Foliensatz, interaktive Maschinenmodelle, Anschauungsobjekte, Visualisierungstools

## Literatur

**Fischer, R.: Elektrische Maschinen** – Carl Hanser Verlag München/Wien  
**Müller, G.: Grundlagen elektrischer Maschinen** – VCH Verlagsgesellschaft mbH  
**Bödefeld/Sequenz: Elektrische Maschinen** – Springer-Verlag Wien  
**Voigt, K.: Berechnung elektrischer Maschinen** – VCH Verlagsgesellschaft mbH  
**Stölting, Kallenbach: Handbuch Elektrische Kleinantriebe** – Hanser Verlag  
**Nürnberg, W.: Die Asynchronmaschine** - Springer Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg  
**Nürnberg, W.: Die Prüfung elektrischer Maschinen** - Springer Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg »  
**Richter, R.: Elektrische Maschinen Band I-V** - Verlag Birkhäuser Basel/Stuttgart »  
**Sequenz, H.: Wicklungen elektrischer Maschinen** - Springer-Verlag Wien

## Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Regenerative Energietechnik 2013  
Master Regenerative Energietechnik 2016

## **Modul: Grundlagen des Betriebs und die Analyse elektrischer Energiesysteme (EES2)**

Modulnummer: 100920

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### **Lernergebnisse**

#### **Kennenlernen**

- Systemmodell in Vierpolform
- Leistungsflussberechnung
- Leistungs-Frequenz-Regelung und Verbundbetrieb
- Grundlagen Winkel-, Frequenz- und Spannungsstabilität
- Grundbegriffe der Energiewirtschaft

#### **Erwerb von Kompetenzen**

- Aufbau eines stationäres linearen Netzmodells und die stationäre Netzberechnung durchzuführen
- Beschreibung Aufgaben der Netzbetriebsführung
- Einordnung dynamische Vorgänge in elektrischen Energiesystemen
- Bewertung des Leistungs-Frequenzverhalten eines elektrischen Energiesystems und Berechnung wesentlicher Parameter
- Verständnis Instabilitätsmechanismen
- Netzstrukturen analysieren und grundlegende Maßnahmen zur Blackoutverhinderung formulieren
- Durchführung einfacher Stabilitätsuntersuchungen an vorgegebenen Netzstrukturen durchzuführen unter Anwendung von Winkelkriterium, Flächenkriterium oder Spannungsindikatoren
- Kenntnis und Berechnung energiewirtschaftlicher Kennzahlen
- Durchführung Variantenvergleich Netzausbau unter Anwendung Barwertmethode und Annuitätenmethode

### **Vorraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagen der Energiesysteme und -geräte - (EES1 / ETG1)

### **Detailangaben zum Abschluss**

## Grundlagen des Betriebs und der Analyse elektrischer Energiesysteme (EES 2)

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100269

Prüfungsnummer: 2100418

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Kennenlernen

- Kenntnis über Kraftwerks- und Lasttypen und deren Beitrag zur Netzregelung
- Aufbau von Leitsystemen
- Aufbau des Europäischen Verbundnetzes inkl. der maßgeblichen Akteure
- Vorgänge die zu Blackouts führen
- maßgeblichen Technologien für Netzregler hinsichtlich Leistungsflussregelung und Spannungsregelung
- Verfahren der Stabilitätsanalyse (Winkel-, Frequenz- und Spannungsstabilität)
- Grundbegriffe der Energiewirtschaft

#### Erwerb von Kompetenzen

- Aufbau eines stationären linearen Netzmodells und Durchführen stationärer Netzberechnungen
- Beschreibung der Aufgaben der Netzbetriebsführung
- Einordnung und Analyse dynamischer Vorgänge im elektrischen Energiesystem
- Bewertung des Leistungs-Frequenzverhaltens in elektr. Energiesystemen und Berechnung wesentlicher Parameter der Netzregelung
- Analyse von Netzstrukturen und Formulierung grundlegender Maßnahmen zur Blackout-Verhinderung
- Durchführung einfacher Stabilitätsuntersuchungen an vorgegebenen Netzstrukturen (unter Anwendung von Winkelkriterium, Flächenkriterium oder Spannungsindikatoren)
- Kenntnis energiewirtschaftlicher Kennzahlen und Durchführung von einfachen Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Netzausbaumaßnahmen (Barwert-, Annuitätenmethode, Return on Investment, Interner Zinsfluss, Kapitalwert)

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Elektrotechnik  
Grundlagen der Energietechnik  
Grundlagen Energiesysteme- und Geräte oder Elektrische Energiesysteme 1

### Inhalt

- Stationäre Netzberechnung – Leistungsflussberechnung
- Netzregelung – Leistungs-Frequenz-Regelung
- Stabilitätsbetrachtungen
- Blackouts in elektrischen Energiesystemen
- Grundbegriffe der Energiewirtschaft

### Medienformen

Folien, Tafelbilder, Arbeitsblätter

### Literatur

- [1] Heuck; K.; Dettmann K.-D. : Elektrische Energieversorgung: Vieweg-Verlag Wiesbaden, 2004
- [2] Oswald, B.; Oeding, D.: Elektrische Kraftwerke und Netze, Springer 2004
- [3] Crastan, V.: Elektrische Energieversorgung 1, Springer, 2000
- [4] Crastan, V.: Elektrische Energieversorgung 2, Springer, 2004
- [5] Kundur: "Power System Control and Stability", Macgraw Hill, 1994

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013  
Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Regenerative Energietechnik 2016  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Modul: Netzleittechnik und Energiemanagementsysteme (EES3)

Modulnummer: 100921

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

#### Kennenlernen

- Architektur und Funktionsweisen von Netzleittechniken
- Leistungsflussanalyse (Newton Raphson, Gauss Seidel, schnell entkoppelte, Gleichstromleistungsfluss Berechnung)

- Sensitivitätsanalyse
- Fehleranalyse
- Netzreduktion
- Optimale Leistungsflussberechnung
- Kommunikationsprotokolle
- Prognose und Vorhersage

#### Erwerb von Kompetenzen

- Leistungsflussberechnungen vermaschter Energiesysteme
- Leistungsflussregelung in großen Systemen
- Durchführung Fehleranalysen

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Grundlagen der Energiesysteme und -geräte (EES1 und ETG1)

Grundlagen Betrieb elektrische Energiesysteme (EES2)

### Detailangaben zum Abschluss



## Netzleittechnik und Energiemanagementsysteme (EES3)

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min      Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch      Pflichtkennz.: Pflichtfach      Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100730      Prüfungsnummer: 2100473

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Kennenlernen

- Architektur und Funktionsweisen von Netzleittechniken
- Leistungsflussanalyse (Newton Raphson, Gauss Seidel, schnell entkoppelte, Gleichstromleistungsfluss Berechnung)
- Sensitivitätsanalyse
- Fehleranalyse
- Netzreduktion
- Optimale Leistungsflussberechnung
- Kommunikationsprotokolle
- Prognose und Vorhersage

#### Erwerb von Kompetenzen

- Leistungsflussberechnungen vermaschter Energiesysteme
- Leistungsflussregelung in großen Systemen
- Durchführung Fehleranalysen

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Energiesysteme und -geräte (EES1 und ETG1)  
 Grundlagen Betrieb elektrische Energiesysteme (EES2)

### Inhalt

- Grundlagen Netzleittechniken
- Stationäre Systemanalyse
- Optimierung
- Prognose und Vorhersage

### Medienformen

Folien  
 Tafelbilder  
 Aufgabenblätter

### Literatur

- [1] Crastan, V. Elektrische Energieversorgung 2. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2004
- [2] Schwab, A.J.: Elektroenergiesysteme. Springer Verlag (springer.de), 2. Auflage 2009. XXX, ISBN 978-3-540-92226-1
- [3] Kundur, Prabha: Power System Stability and Control, McGraw-Hill, New York, Toronto, ISBN 0-07-045958-X, 1993
- [4] Heuck, K.; Dettmann K.-D. : Elektrische Energieversorgung: Vieweg-Verlag Wiesbaden, 2004
- [5] Oswald, B.; Oeding, D.: Elektrische Kraftwerke und Netze, Springer 2004

### Detailangaben zum Abschluss

Ab dem Sommersemester 2016 besteht die alternative Prüfungsleistung aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung sowie einem Softwareprojekt. Das Bestehen des Softwareprojektes ist Voraussetzung zur Teilnahme an der mündlichen Prüfung. Die Endnote ergibt sich zu 100 % aus der Note der mündlichen Prüfung.

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010  
 Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Modul: Elektroenergie- und Netzqualität (EEQ)

Modulnummer: 100922

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

#### Kennenlernen

- wichtiger Merkmale der Elektroenergiequalität (EEQ) und der Arten der Qualitätsminderungen (Oberschwingungen, Zwischenharmonische, Spannungsänderungen und Spannungsschwankungen, Flicker, Spannungseinbrüche, Unsymmetrien)
- der Entstehung und wichtigsten Verursacher von Qualitätsminderungen
- der Parameter und Verträglichkeitspegel der Spannungsqualität
- der Berechnung und Messung von wichtigen Kenngrößen
- der praktischen Maßnahmen zur Reduzierung von Qualitätsminderungen

#### Erwerb von Kompetenzen

- zur Analyse der Versorgungs- und Spannungsqualität (Verfahren)
- zur Bestimmung und Bewertung der Kenngrößen der Spannungsqualität und Zuverlässigkeit
- zur Wahl von Massnahmen zur Sicherung der Versorgungsqualität in elektrischen Netzen

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Energiesysteme 1

### Detailangaben zum Abschluss

## Elektroenergie- und Netzqualität (EEQ)

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100270

Prüfungsnummer: 2100419

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				3	1	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Kennenlernen

- wichtiger Merkmale der Elektroenergiequalität (EEQ) und der Arten der Qualitätsminderungen (Oberschwingungen, Zwischenharmonische, Spannungsänderungen und Spannungsschwankungen, Flicker, Spannungseinbrüche, Unsymmetrien)
- der Entstehung und wichtigsten Verursacher von Qualitätsminderungen
- der Parameter und Verträglichkeitspegel der Spannungsqualität
- der Berechnung und Messung von wichtigen Kenngrößen
- der praktischen Maßnahmen zur Reduzierung von Qualitätsminderungen

#### Erwerb von Kompetenzen

- zur Analyse der Versorgungs- und Spannungsqualität (Verfahren)
- zur Bestimmung und Bewertung der Kenngrößen der Spannungsqualität und Zuverlässigkeit
- zur Wahl von Massnahmen zur Sicherung der Versorgungsqualität in elektrischen Netzen

### Vorkenntnisse

Energiesysteme 1

### Inhalt

- Netzqualität, Elektroenergiequalität und Spannungsqualität
- Ursachen, Entstehung, Auswirkungen und Merkmale von Netzzrückwirkungen (NRW)
- Verzerrung der Kurvenform von Strömen und Spannungen, Oberschwingungen, Zwischen-harmonische, Kommutierungseinbrüche
- Einflüsse auf den Effektivwert der Spannung, Spannungsänderungen, Flicker, Einbrüche, Unsymmetrie
- NRW von Eigenerzeugungsanlagen
- Normen, Verträglichkeitspegel und Grenzwerte der Elektroenergiequalität
- Berechnung und Messung der Kenngrößen der Elektroenergiequalität
- Maßnahmen zur Beherrschung der NRW
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung
- Zuverlässigkeit elektrischer Netze und Anlagen
- deterministische und probabilistische Zuverlässigkeitsanalysen

### Medienformen

Power-Point-Präsentation

### Literatur

- [1] VDEW e.V. Grundsätze für die Beurteilung von Netzzrückwirkungen. 3. überarbeitete Auflage. Frankfurt/M. : VDEW-Verlag, 1992. ISBN 3-8022-0311-9.
- [2] Kloss, A. Stromrichter-Netzzrückwirkungen in Theorie und Praxis. Schweiz : Aarau, AT-Verlag, 1981.
- [3] Dugan, C. R., Mc Granaghan, M. F. und Beaty, H. W. Electrical Power Systems Quality. New York McGraw-Hill Comp. Inc. , 1996. ISBN 0-07-018031-8.
- [4] Büchner, P. Stromrichter-Netzzrückwirkungen und ihre Beherrschung. 1. Auflage. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1982. VLN 152-915/56/82.
- [5] Blume, D., Schlabbach, J. und Stephanblome, Th. Spannungsqualität in elektrischen Netzen. Berlin : VDE-Verlag, 1999. ISBN 3-8007-2265-8.
- [6] Arrillaga, J., Watson, N. R. und Coehen, S. Power System Quality Assessment. New York u.a: John Wiley & Sons New York u. a, 2000. ISBN 0-471-98865-0.
- [7] Hormann, W., Just, W. und Schlabbach, J. Netzzrückwirkungen. Berlin: VDE-Verlag, 2000. ISBN 3-8022-2231-3.

[8] Grapentin, M. EMV in der Gebäudeinstallation. 1. Auflage. Berlin: Verlag Technik, 2000. ISBN 3-341-01235-4.

Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Regenerative Energietechnik 2016

## Modul: Berechnung elektrischer Netze und Anlagen (BENA)

Modulnummer: 100923

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

#### Kennenlernen

- wichtiger Berechnungsverfahren zur Planung und Gestaltung elektrischer Anlagen und Netze
- der Strom- und Spannungsverhältnisse bei Ausgleichs-, Schalt-, Resonanz- und Fehlervorgängen
- der Kurzschlussstromkenngrößen und deren Bestimmung
- der Standardverfahren der Kurzschlussstromberechnung
- der Massnahmen zur Beherrschung der Kurzschlussströme in elektrischen Netzen

#### Erwerb von Kompetenzen

- zur Ermittlung der Strom- und Spannungsbeanspruchungen für die Planung und Gestaltung elektrischer Netze und Anlagen
- zur praktischen Durchführung von Kurzschlussstromberechnungen

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Energiesysteme 1

### Detailangaben zum Abschluss



## Modul: Netzdynamik, HGÜ und FACTS (EES4)

Modulnummer: 100924

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

#### Kennenlernen

- Methoden der dynamischen Netzberechnung
- Verfahren zur Verbesserung der Systemdämpfung
- Methoden zur Systemanalyse
- Technologische Grundlagen, Anlagenaufbau und Regelung von Thyristor- und VSC-basierten FACTS-Elementen und HGÜ-Systemen

#### Erwerb von Kompetenzen

- Einsatz der kennengelernten Methoden und Verfahren
- Selbstständiges Durchführen dynamischer Systemanalyse
- Aufbau eines Netzmodells zur RMS-Simulation im Mittel- und Kurzzeitbereich mittels gängiger Simulationsmethoden

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Grundlagen des Betriebs und Analyse elektrischer Energiesysteme

### Detailangaben zum Abschluss



## Netzdynamik, HGÜ und FACTS (EES4)

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100758 Prüfungsnummer: 2100496

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	2	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Kennenlernen

- Methoden der dynamischen Netzberechnung
- Verfahren zur Verbesserung der Systemdämpfung
- Methoden zur Systemanalyse
- Technologische Grundlagen, Anlagenaufbau und Regelung von Thyristor- und VSC-basierten FACTS-Elementen und HGÜ-Systemen

#### Erwerb von Kompetenzen

- Einsatz der kennengelernten Methoden und Verfahren
- Selbstständiges Durchführen dynamischer Systemanalyse
- Aufbau eines Netzmodells zur RMS-Simulation im Mittel- und Kurzzeitbereich mittels gängiger Simulationsmethoden

### Vorkenntnisse

Grundlagen des Betriebs und Analyse elektrischer Energiesysteme

### Inhalt

- Regelungssysteme für Kurzzeitdynamiken
- Dämpfung von Leistungsspendelungen
- dynamische Systemanalyse (Eigenwertanalyse, Modalkomposition)
- Reglerentwurf für die Erregungsregelung
- Systementwurf, Betrieb und Regelung von FACTS Betriebsmitteln (SVC, TCSC, STATCOM, ASC, UPFC)
- Systementwurf und Betrieb von VSC und Thyristor basierten HVDC
- Anwendung von FACTS und HVDC für die Regelung von Energiesystemen

### Medienformen

Folien, Tafelbilder, Rechnerübung

### Literatur

- [1] Heuck, K.; Dettmann K.-D. : Elektrische Energieversorgung: Vieweg-Verlag Wiesbaden, 2004
- [2] Oswald, B.; Oeding, D.: Elektrische Kraftwerke und Netze, Springer 2004
- [3] Crastan, V.: Elektrische Energieversorgung 1, Springer, 2000
- [4] Crastan, V.: Elektrische Energieversorgung 2, Springer, 2004
- [5] Kundur: "Power System Control and Stability", Macgraw Hill, 1994

### Detaillangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013  
Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET

## Modul: Schutz elektrischer Netze und Anlagen (SENA)

Modulnummer: 100925

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

#### Kennenlernen

- des Aufbaus, der Prinzipien und Verfahren der Anlagengestaltung
- der Aufgaben, Funktionen, Grundsaltungen, Bauformen und Bauweisen von Umspannwerken, Stationen und Schaltanlagen in der HS-, MS- und NS-Ebene
- der Grundzüge der Planung, des Betriebs, des Schutzes und der Instandhaltung von EEA
- der Schutzkriterien und der Schutztechnik
- der Verfahren und Anwendung des Überlast- und Kurzschlusschutzes für Betriebsmittel und Anlagen
- der Prinzipien und Besonderheiten des Lichtbogenschutzes
- Instandhaltungsmaßnahmen und -strategien

#### Erwerb von Kompetenzen

- zur Wahl der Maßnahmen und Einrichtungen des Schutzes wichtiger Betriebsmittel, Anlagen sowie von Personen
- zur Realisierung des Störlichtbogenschutzes
- zur Durchführung von Risikoanalysen und Gefährdungsbeurteilungen

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Berechnung elektrischer Netze und Anlagen

### Detailangaben zum Abschluss

## Schutz elektrischer Netze und Anlagen (SENA)

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: Deutsch, auf Nachfrage Englisch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100732 Prüfungsnummer: 2100475

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							3	1	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Kennenlernen

- des Aufbaus, der Prinzipien und Verfahren der Anlagengestaltung
- der Aufgaben, Funktionen, Grundsaltungen, Bauformen und Bauweisen von Umspannwerken, Stationen und Schaltanlagen in der HS-, MS- und NS-Ebene
- der Grundzüge der Planung, des Betriebs, des Schutzes und der Instandhaltung von EEA
- der Schutzkriterien und der Schutztechnik
- der Verfahren und Anwendung des Überlast- und Kurzschlusschutzes für Betriebsmittel und Anlagen
- der Prinzipien und Besonderheiten des Lichtbogenschutzes
- Instandhaltungsmaßnahmen und -strategien

#### Erwerb von Kompetenzen

- zur Wahl der Maßnahmen und Einrichtungen des Schutzes wichtiger Betriebsmittel, Anlagen sowie von Personen
- zur Realisierung des Störlichtbogenschutzes
- zur Durchführung von Risikoanalysen und Gefährdungsbeurteilungen

### Vorkenntnisse

Berechnung elektrischer Netze und Anlagen

### Inhalt

- Anforderungen an Elektroenergieanlagen (EEA), Kriterien der Auswahl
- Umspannwerke, Stationen und Schaltanlagen
- Schutz elektrischer Anlagen, Schutztechnik
- Schutz von Leitungen, Transformatoren, Generatoren, Motoren und anderer elektrischer Betriebsmittel
- Lichtbogenschutz in EEA
- Anlagen- und Personenschutz
- Sicherer Betrieb von EEA
- Schutz von Personen durch persönliche Schutzausrüstungen, Risikoanalyse und Gefährdungsbeurteilung
- Instandhaltung von EEA

### Medienformen

Power-Point-Präsentation

### Literatur

- [1] Schau, H.; Halinka, A.; Winkler, W.: Elektrische Schutzeinrichtungen in Industrienetzen und -anlagen. Grundlagen und Anwendung. München/Heidelberg: Hüthig & Pflaum Verlag, 2008, ISBN 978-3-8101-0255-3.
- [2] Hubensteiner; Bartz: Schutztechnik in elektrischen Netzen (Band 1 u. 2). VDE - Verlag 1992
- [3] Doemeland, W.: Handbuch Schutztechnik. Verlag Technik Berlin 1995, 5. Auflage
- [4] Flosdorff; Hilgarth: Elektrische Energieverteilung. Teubner - Verlag 1986
- [5] Böhme, H.: Mittelspannungstechnik. Verlag Technik Berlin 1992.
- [6] Boehle, B.; Guthmann, O. u.a.: ABB - Taschenbuch Schaltanlagen. Cornelsen/Giradet - Verlag, 9. Auflage, 1992
- [7] Happoldt, H.; Oeding, D.: Elektrische Kraftwerke und Netze. Springer - Verlag 1987
- [8] Hosemann; Boeck: Grundlagen der elektrischen Energietechnik. Springer - Verlag 1983
- [9] Hütte - Taschenbücher der Technik. Elektrische Energietechnik. Band 2: Geräte, Band 3: Netze. Springer - Verlag 1988

Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Dezentrale und zentrale Elektroenergieversorgung (EEV)

Modulnummer: 100926

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

#### Kennenlernen

- des Aufbaus von Energieversorgungssystemen und der verschiedenen Formen von Stromnetzen
- der Unterschiede zwischen dezentraler und zentraler Energieversorgung (Lastflüsse, Spannungsverteilung)
- der Arten der Sternpunktbehandlung und Erdung
- der praktisch relevanten regenerativen Energiequellen und Arten dezentraler Erzeugungsanlagen
- Anforderungen und Regeln der Netzintegration dezentraler Erzeugungsanlagen
- der Besonderheiten von Hochstromanlagen

#### Erwerb von Kompetenzen

- zur Wahl der Sternpunktterdung in elektrischen Netzen
- zur Auswahl und Auslegung der Einrichtungen zur Blindleistungskompensation
- zur Erstellung von Anschlusskonzepten für dezentrale Erzeugungsanlagen
- zur Gestaltung von Hochstromanlagen

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der elektrischen Energietechnik

### Detailangaben zum Abschluss

## Dezentrale und zentrale Elektroenergieversorgung (EEV)

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: deutsch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100733

Prüfungsnummer: 2100476

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							3	1	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Kennenlernen

- des Aufbaus von Energieversorgungssystemen und der verschiedenen Formen von Stromnetzen
- der Unterschiede zwischen dezentraler und zentraler Energieversorgung (Lastflüsse, Spannungsverteilung)
- der Arten der Sternpunktbehandlung und Erdung
- der praktisch relevanten regenerativen Energiequellen und Arten dezentraler Erzeugungsanlagen
- Anforderungen und Regeln der Netzintegration dezentraler Erzeugungsanlagen
- der Besonderheiten von Hochstromanlagen

#### Erwerb von Kompetenzen

- zur Wahl der Sternpunktterdung in elektrischen Netzen
- zur Auswahl und Auslegung der Einrichtungen zur Blindleistungskompensation
- zur Erstellung von Anschlusskonzepten für dezentrale Erzeugungsanlagen
- zur Gestaltung von Hochstromanlagen

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der elektrischen Energietechnik

### Inhalt

- Dezentrale und zentrale Elektroenergieversorgung
- Aufbau und Gestaltung elektrischer Stromnetze
- Sternpunktbehandlung und Erdung in elektrischen Netzen
- Blindleistungskompensation
- Dezentrale Erzeugung
- Regenerative Energiequellen und dezentrale Erzeugungsanlagen; Kraft-Wärmekopplung, Blockheizkraftwerke, Biomassekraftwerke, Brennstoffzellen; Windenergie und Windenergieanlagen; Solarenergie- und Photovoltaikanlagen; Wasserkraftnutzung, Geothermie
- Dezentrale Versorgungs- und Managementsysteme, Einbindung/ Netzintegration dezentraler Erzeugung
- Hochstromanlagen, Stromversorgung von Hochstromtechnologien

### Medienformen

Power-Point-Präsentation

### Literatur

- [1] Crastan, V. Elektrische Energieversorgung 2. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2004
- [2] Schwab, A.J.: Elektroenergiesysteme. Springer Verlag (springer.de), 2. Auflage 2009. XXX, ISBN 978-3-540-92226-1
- [3] Flossdorf, R.; Hilgarth, G.: Elektrische Energieverteilung. B. G. Teubner Verlag Stuttgart – Leipzig – Wiesbaden, 9. Auflage, 2005
- [4] Kaltschmidt, M.; Wiese, A.; Streicher, W.: Erneuerbare Energien, Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 3. Auflage, 2003
- [5] Giesecke, J.; Mosonyi, E.: Wasserkraftanlagen. Springer Verlag (springer.de), 5. Auflage 2009. XXVIII, ISBN 978-3-540-88988-5
- [6] Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.; Hofbauer, H.: Energie aus Biomasse. Springer Verlag (springer.de), 2. Auflage 2009. XXXII, ISBN 978-3-540-85094-6
- [7] Wesselak, V.; Schabbach, T.: Regenerative Energietechnik. Springer Verlag (springer.de), 2009. XII, ISBN 978-3-540-95881-9
- [8] Häberlein, H.: Photovoltaik – Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen. Berlin/Offenbach:

VDE-Verlag, 2. Auflage 2010, ISBN 978-3-8007-3205-0

[9] Schlabbach, J.: Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag, 2. Auflage 2011, ISBN 978-3-8007-3340-8

[10] Berlin/Offenbach: VDE-Verlag, 88. Auflage 2011, ISBN 978-3-8007-3230-2

[11] Popp, M.: Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit erneuerbaren Energien. Springer Verlag (springer.de), 2010. XII, ISBN 978-3-642-01926-5

[12] Servatius, H.-G.; Schneidewind, U.; Rohlfing, D.: Smart Energy – Wandlung zu einem nachhaltigen Energiesystem. Springer Verlag (springer.de), 2011, ISBN 978-3-642-21819-4

Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Regenerative Energietechnik 2016

## Modul: Elektrische Maschinen 2

Modulnummer: 100927

Modulverantwortlich: Dr. Andreas Möckel

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

In dem Modul „Elektrische Maschinen 2“ wenden die Studenten ihre Kenntnisse über die Elektrotechnik, des Maschinenbaus und der Werkstoffe an. Sie haben umfassende Kenntnisse über den Aufbau und die Wirkungsweise der vielfältigen elektromechanischen Energiewandler kleiner Leistung und verstehen mit den komplexen Besonderheiten dieser Motorengruppe umzugehen. Auf dieser Basis sind sie in der Lage, die Problematik elektromotorisch betriebener Geräte zu erfassen und die Anforderungen gerätespezifisch umzusetzen. Ihre Kenntnisse über die Zusammenhänge des elektromechanischen Energieumsatzes und der thermischen Verhältnisse ermöglichen es ihnen, Schwächen des Motors zu erkennen und an der Weiterentwicklung zu arbeiten. Die Fähigkeiten im Zusammenhang mit der Analyse des Anwendungsfalls und mit der Anpassung des Motors an konstruktive Gegebenheiten des Einbauortes versetzen die Studenten in die Lage, konstruktiv und theoretisch wirksam zu werden.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Vorausgesetzt werden die im Grundstudium erworbenen Kenntnisse der Mathematik, Experimentalphysik und Mechanik. Eine Übersicht der Maschinenelemente und darüber hinaus Fertigkeiten im technischen Zeichnen und Konstruieren von Maschinenbauteilen erleichtern das Verständnis für die Ausführung realer Energiewandler und die zu erfüllenden Anforderungen. Es sind Kenntnisse zu den Grundlagen elektrischer Maschinen erforderlich.

### Detailangaben zum Abschluss



## Elektrische Maschinen 2

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100736

Prüfungsnummer: 2100477

Fachverantwortlich: Dr. Andreas Möckel

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):116			SWS:3.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2165																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	1	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

In der Lehrveranstaltung „Elektrische Maschinen 2“ wenden die Studenten ihre Kenntnisse über die Elektrotechnik, des Maschinenbaus und der Werkstoffe an. Sie haben umfassende Kenntnisse über den Aufbau und die Wirkungsweise der vielfältigen elektromechanischen Energiewandler kleiner Leistung und verstehen mit den komplexen Besonderheiten dieser Motorengruppe umzugehen. Auf dieser Basis sind sie in der Lage, die Problematik elektromotorisch betriebener Geräte zu erfassen und die Anforderungen gerätespezifisch umzusetzen. Ihre Kenntnisse über die Zusammenhänge des elektromechanischen Energieumsatzes und der thermischen Verhältnisse ermöglichen es ihnen, Schwächen des Motors zu erkennen und an der Weiterentwicklung zu arbeiten. Die Fähigkeiten im Zusammenhang mit der Analyse des Anwendungsfalls und mit der Anpassung des Motors an konstruktive Gegebenheiten des Einbauortes versetzen die Studenten in die Lage, konstruktiv und theoretisch wirksam zu werden.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

- Systematisierung der Ausführungsformen
- Klauenpolmotoren / Generatoren
- Schrittantriebe
- Wechselspannungsmotoren
- Elektronikmotoren (BLDC, BLAC)
- Kommutatormotoren (Reihenschlussmotoren, Permanentmagnetmotoren)

### Medienformen

Übungsaufgaben, gedruckte Vorlesungsmanuskripte, spezielle Ausarbeitungen auf der Homepage Scriptum / Training

### Literatur

- Stölting, H.-D., Kallenbach, H.: Handbuch Elektrische Kleinantriebe, Verlag: Hanser; 2006
- Stölting, H.-D., Beisse, A., Elektrische Kleinmaschinen, Teubner 1996
- Vorlesungsmanuskript

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Magnetische Kreise in Energiewandlern

Modulnummer: 100928

Modulverantwortlich: Dr. Andreas Möckel

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

In dem Modul „Magnetische Kreise in Energiewandlern“ wenden die Studenten ihre Kenntnisse über die Elektrotechnik, des Maschinenbaus und der Werkstoffe an. Sie haben umfassende Kenntnisse über den Aufbau und die Wirkungsweise von Magnetischen Kreise in Energiewandlern und verstehen die Wirkungsweise dieser Baugruppen. Auf dieser Basis sind sie in der Lage, die Problematik des Betriebsverhaltens in Verbindung mit dem konstruktiven Aufbau zu erfassen und entsprechend dem Einsatzfall zu bewerten. Ihre Kenntnisse über die Zusammenhänge des Feldaufbaus und der thermischen Verhältnisse ermöglichen es ihnen, Stärken und Schwächen verschiedener Ausführungsformen zu erkennen und Modifikationen vorzunehmen. Die Fähigkeiten im Zusammenhang mit der Analyse des Anwendungsfalls und mit der Anpassung an vorgegebene Randbedingungen versetzen die Studenten in die Lage, konstruktiv und theoretisch wirksam zu werden.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Vorausgesetzt werden die im Grundstudium erworbenen Kenntnisse der Mathematik, Experimentalphysik und Mechanik. Eine Übersicht der Maschinenelemente und darüber hinaus Fertigkeiten im technischen Zeichnen und Konstruieren von Maschinenbauteilen erleichtern das Verständnis für die Ausführung realer Energiewandler und die zu erfüllenden die Anforderungen.

### Detailangaben zum Abschluss

## Modul: Auslegung elektrischer Maschinen

Modulnummer: 100929

Modulverantwortlich: Dr. Andreas Möckel

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

In dem Modul „Auslegung elektrischer Maschinen“ wenden die Studenten ihre Kenntnisse über die Elektrotechnik, des Maschinenbaus und der Werkstoffe an. Sie haben umfassende Kenntnisse über den Aufbau und die Wirkungsweise der elektromechanischen Energiewandler und verstehen die Zusammenhänge und Besonderheiten im Bezug auf die Dimensionierung und Auslegung umzusetzen. Auf dieser Basis sind sie in der Lage, die Problematik elektromotorisch betriebener Geräte zu erfassen und die Anforderungen gerätespezifisch umzusetzen. Ihre Kenntnisse über die Zusammenhänge des elektromechanischen Energieumsatzes und der thermischen Verhältnisse ermöglichen es ihnen, Erstauslegungen vorzunehmen, Schwächen von bestehenden Konzepten zu erkennen und an der Weiterentwicklung zu arbeiten. Die Fähigkeiten im Zusammenhang mit der Analyse des Anwendungsfalls und mit der Anpassung des Motors an konstruktive Gegebenheiten des Einbauortes versetzen die Studenten in die Lage, konstruktiv und theoretisch wirksam zu werden.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Vorausgesetzt werden die im Grundstudium erworbenen Kenntnisse der Mathematik, Experimentalphysik und Mechanik. Eine Übersicht der Maschinenelemente und darüber hinaus Fertigkeiten im technischen Zeichnen und Konstruieren von Maschinenbauteilen erleichtern das Verständnis für die Ausführung realer Energiewandler und die zu erfüllenden Anforderungen. Es sind Kenntnisse zu den Grundlagen elektrischer Maschinen erforderlich.

### Detailangaben zum Abschluss

## Auslegung elektrischer Maschinen

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100738

Prüfungsnummer: 2100479

Fachverantwortlich: Dr. Andreas Möckel

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2165																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	2	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

In der Lehrveranstaltung „Auslegung elektrischer Maschinen“ wenden die Studenten ihre Kenntnisse über die Elektrotechnik, des Maschinenbaus und der Werkstoffe an. Sie haben umfassende Kenntnisse über den Aufbau und die Wirkungsweise der elektromechanischen Energiewandler und verstehen die Zusammenhänge und Besonderheiten im Bezug auf die Dimensionierung und Auslegung umzusetzen. Auf dieser Basis sind sie in der Lage, die Problematik elektromotorisch betriebener Geräte zu erfassen und die Anforderungen gerätespezifisch umzusetzen. Ihre Kenntnisse über die Zusammenhänge des elektromechanischen Energieumsatzes und der thermischen Verhältnisse ermöglichen es ihnen, Erstausslegungen vorzunehmen, Schwächen von bestehenden Konzepten zu erkennen und an der Weiterentwicklung zu arbeiten. Die Fähigkeiten im Zusammenhang mit der Analyse des Anwendungsfalls und mit der Anpassung des Motors an konstruktive Gegebenheiten des Einbauortes versetzen die Studenten in die Lage, konstruktiv und theoretisch wirksam zu werden.

### Vorkenntnisse

Vorausgesetzt werden die im Grundstudium erworbenen Kenntnisse der Mathematik, Experimentalphysik und Mechanik. Eine Übersicht der Maschinenelemente und darüber hinaus Fertigkeiten im technischen Zeichnen und Konstruieren von Maschinenbauteilen erleichtern das Verständnis für die Ausführung realer Energiewandler und die zu erfüllenden Anforderungen. Es sind Kenntnisse zu den Grundlagen elektrischer Maschinen erforderlich.

### Inhalt

Ausgangsgrößen, Randbedingungen und prinzipieller Weg für den Entwurf und die Berechnung elektrischer Maschinen

- Zusammenhang Nenndaten und Abmessungen
  - Induktion und Stromdichte
  - Erwärmung
  - Randbedingungen zur Optimierung (Kosten, Trägheitsmoment, Bauvolumen, Einbaubedingungen, Verluste, Wirkungsgrad)
- Prinzipieller Entwurfsgang

- Entwurfsgleichung und Spezifizierung auf Gleichstrommaschine, Asynchronmaschine, Asynchronmaschine
- Hauptelemente und Abmessungen
- Aufbau und Bezeichnung allgemein
  - Besonderheiten bei Gleichstrommaschine, Asynchronmaschine, Asynchronmaschine
  - Hinweise auf Probleme bei Einzelelementen (Längen-/ Durchmesser Verhältnis, Zahnbreite und -höhe, Feldausbildung, etc.)
- Magnetischer Kreis

- Grundlagen / Theorie
  - Luftspaltfelder, Nutungseinflüsse · magnetischer Spannungsabfall im Luftspaltfeld (mit und ohne Zahnentlastung)
  - Hinweise auf ideale Größen und Feldaufbau (Polbedeckungsfaktor, Carterscher Faktor, ideale Länge, ideeller Luftspalt, ...)
  - Permanentmagneterregung (reversibel, irreversibel ..)
- Einsatz von Rechentechnik

- Einführung in Berechnung mit Finite Elemente Methode
- Praktische Berechnungsbeispiele mit Software

#### Medienformen

Übungsaufgaben, gedruckte Vorlesungsmanuskripte Scriptum / Training

#### Literatur

- G. Müller: Elektrische Maschinen , Grundlagen elektrischer Maschinen, VCH Verlagsgesellschaft;
- K. Vogt, Berechnung elektrischer Maschinen, Verlag Technik;
- Vorlesungsmanuskript

#### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Nichtlineare Regelungssysteme 1

Modulnummer: 100722

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

- Die Studierenden sind in der Lage, die Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen nichtlinearer dynamischer Systemmodelle zu untersuchen.
- Die Studierenden können typische nichtlineare Phänomene wie z.B. Grenzzyklen oder endliche Entweichzeit einordnen und analysieren.
- Die Studierenden können Eigenschaften von nichtlinearen Systemen zweiter Ordnung in der Phasenebene analysieren und beurteilen.
- Die Studierenden können die Stabilität von Ruhelagen nichtlinearer Systeme überprüfen und beurteilen.
- Für die Klasse der Euler-Lagrange-Systeme können die Studierenden Betriebspunkt- und Folgeregelungen entwerfen.
- Die Studierenden können adaptive Regelungen mit Hilfe der Lyapunov-Theorie entwerfen.
- Die Studierenden können Regelungen zur Verbesserung des Einzugsbereichs entwerfen.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

### Detailangaben zum Abschluss

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum inkl. Testat erfolgreich absolviert werden.

# Nichtlineare Regelungssysteme 1

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100498

Prüfungsnummer: 220399

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Informatik und Automatisierung									Fachgebiet:2213																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	1	1																								

## Lernergebnisse / Kompetenzen

- Die Studierenden sind in der Lage, die Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen nichtlinearer dynamischer Systemmodelle zu untersuchen.
- Die Studierenden können typische nichtlineare Phänomene wie z.B. Grenzzyklen oder endliche Entweichzeit einordnen und analysieren.
- Die Studierenden können Eigenschaften von nichtlinearen Systemen zweiter Ordnung in der Phasenebene analysieren und beurteilen.
- Die Studierenden können die Stabilität von Ruhelagen nichtlinearer Systeme überprüfen und beurteilen.
- Für die Klasse der Euler-Lagrange-Systeme können die Studierenden Betriebspunkt- und Folgeregelungen entwerfen.
- Die Studierenden können adaptive Regelungen mit Hilfe der Lyapunov-Theorie entwerfen.
- Die Studierenden können Regelungen zur Verbesserung des Einzugsbereichs entwerfen.

## Vorkenntnisse

Grundkenntnisse über Zustandsraumverfahren, z.B. aus Regelungs- und Systemtechnik 2

## Inhalt

- Mathematische Grundlagen
- Nichtlineare dynamische Systeme als Anfangswertproblem
- Existenz und Eindeutigkeitsfragen
- Stabilitätsuntersuchung in der Phasenebene
- Stabilitätsbegriff und Stabilitätsanalyse nach Lyapunov
- Reglerentwurf mit Hilfe der Lyapunov-Theorie

## Medienformen

Entwicklung an der Tafel, Beiblätter, Übungsblätter und Simulationsbeispiele unter:

<http://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/lehre/nichtlineare-regelungssysteme-1>

## Literatur

- Khalil, H., Nonlinear Systems, Prentice Hall, 1996
- Slotine, J.-J., Li, W., Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991
- Sontag, E., Mathematical Control Theory, Springer, 1998
- Spong, M., Hutchinson, S., Vidyasagar, M., Robot Modeling and Control, Wiley, 2005
- Vidyasagar, M., Nonlinear Systems Analysis, SIAM, 2002

## Detailangaben zum Abschluss

schriftliche Prüfungsleistung, 120 Minuten

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum inkl. Testat erfolgreich absolviert werden.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Mechatronik 2014

Master Mechatronik 2017

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2014  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT



## Modul: Systemidentifikation

Modulnummer: 100936

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Yuri Shardt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

Lernergebnisse

siehe Fachbeschreibung

Vorraussetzungen für die Teilnahme

Detailangaben zum Abschluss

## Systemidentifikation

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100427

Prüfungsnummer: 220400

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Yuri Shardt

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Informatik und Automatisierung									Fachgebiet:2211																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	1	1																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Hörer und Hörerinnen werden in der Lage sein, die Prinzipien der Erstellung von Modellen für komplexe Prozesse unter Verwendung verschiedener Methoden und Ansätze zu verstehen, wie z. B. lineare Regression, nichtlineare Regression, Versuchsplanung und Zeitreihenanalyse. Sie können das Systemidentifikations-Framework anwenden, um relevante Modellierungs- und Identifikationsprobleme zu lösen.

### Vorkenntnisse

Vorausgesetzt wird der erfolgreiche Abschluss der „Regelungs- und Systemtechnik 1“ und „Modellbildung“.

### Inhalt

Der Inhalt ist:

1. Visualisierung der Daten
2. Statistische Tests
3. Lineare Regression
4. Nichtlineare Regression
5. Versuchsplanung
6. Zeitreihenanalyse

Praktikum (1 Versuche: HSS-1: Systemidentifikation I)

### Medienformen

Präsentation, Vorlesungsskript, Tafelanschrieb

### Literatur

- Y.A.W. Shardt, Statistics for Chemical and Process Engineers: A Modern Approach, Springer, 2015, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21509-9>.
- W. Kleppmann, Versuchsplanung: Produkte und Prozesse optimieren, Hanser, 2016.
- L. Ljung, System Identification: Theory for the user, Prentice Hall, 1999.
- J. Reiter, Statistik-Fallstudien mit Excel, Springer Gabler, 2017.

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Bachelor Ingenieurinformatik 2008

Bachelor Mechatronik 2013

Bachelor Polyvalenter Bachelor mit Lehramtsoption für berufsbildende Schulen - Elektrotechnik 2013 Vertiefung

Bachelor Polyvalenter Bachelor mit Lehramtsoption für berufsbildende Schulen - Metalltechnik 2013 Vertiefung

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Mechatronik 2008

Master Mechatronik 2014

## Modul: Digitale Regelungssysteme

Modulnummer: 100380

Modulverantwortlich: Dr. Kai Wulff

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls:

- Kennen die Studierenden die Beschreibung von Abtastsystemen und deren Anwendung auf digitale Regelungen.
- Kennen und verstehen die Studierenden die Beschreibung linearer zeitdiskreter Systeme im Zustandsraum sowie deren Ein-Ausgangsverhalten als z-Übertragungsfunktion.
- Können die Studierenden zeitdiskrete Zustandsraummodelle auf ihre grundlegenden strukturellen Eigenschaften untersuchen.
- Kennen die Studierenden die gängigen Verfahren zum Entwurf zeitdiskreter Regelungen und sind in der Lage diese anzuwenden.
- Sind die Studierenden in der Lage typische Softwarewerkzeuge zur Analyse und zum Entwurf von digitalen Regelkreisen zu verwenden.
- Können die Studierenden zeitdiskrete Regler auf gängigen Plattformen implementieren.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

### Detailangaben zum Abschluss

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum inkl. Testat erfolgreich absolviert werden.



#### Detailangaben zum Abschluss

schriftliche Prüfungsleistung, 90 Minuten

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum inkl. Testat erfolgreich absolviert werden.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Bachelor Ingenieurinformatik 2013

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Fahrzeugtechnik 2009

Master Fahrzeugtechnik 2014

Master Maschinenbau 2009

Master Maschinenbau 2011

Master Maschinenbau 2014

Master Maschinenbau 2017

Master Mechatronik 2008

Master Mechatronik 2014

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

## Modul: Nichtlineare Regelungssysteme 2

Modulnummer: 100907

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

- Die Studierenden sind in der Lage, nichtlineare Systemmodelle aus der Mechatronik in eine PCHD-Darstellung zu bringen.
- Die Studierenden wissen das Konzept Passivität für den Zustandsreglerentwurf einzusetzen.
- Die Studierenden beherrschen die wichtigsten Backstepping-Regelungsverfahren, können diese verallgemeinern und für Anwendungen problemorientiert anpassen.
- Die Studierenden können die Bedingungen bei der exakten Linearisierung überprüfen und das Konzept zum Entwurf von Betriebspunktregelungen einsetzen.
- Die Studierenden haben die Fähigkeit, das Konzept Flachheit beim Vorsteuerungsentwurf und bei Folgeregelungen zu nutzen.
- Die Studierenden können lokale Beobachter für nichtlineare flache Systeme entwerfen.
- Die Studierenden sind in der Lage, nichtlineare Entkopplungsregler zu berechnen.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

### Detailangaben zum Abschluss

Mündliche Prüfung (30 min) + Testat für das Praktikum

## Nichtlineare Regelungssysteme 2

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100762

Prüfungsnummer: 220402

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Informatik und Automatisierung									Fachgebiet:2213																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	1	1																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Die Studierenden sind in der Lage, nichtlineare Systemmodelle aus der Mechatronik in eine PCHD-Darstellung zu bringen.
- Die Studierenden wissen das Konzept Passivität für den Zustandsreglerentwurf einzusetzen.
- Die Studierenden beherrschen die wichtigsten Backstepping-Regelungsverfahren, können diese verallgemeinern und für Anwendungen problemorientiert anpassen.
- Die Studierenden können die Bedingungen bei der exakten Linearisierung überprüfen und das Konzept zum Entwurf von Betriebspunktregelungen einsetzen.
- Die Studierenden haben die Fähigkeit, das Konzept Flachheit beim Vorsteuerungsentwurf und bei Folgeregelungen zu nutzen.
- Die Studierenden können lokale Beobachter für nichtlineare flache Systeme entwerfen.
- Die Studierenden sind in der Lage, nichtlineare Entkopplungsregler zu berechnen.

### Vorkenntnisse

Nichtlineare Regelungssysteme 1

### Inhalt

- Dissipativität und Passivität
- Backstepping-Regelungen
- Exakte Eingangs-Zustandslinearisierung (SISO)
- Exakte Eingangs-Ausgangslinearisierung (SISO)
- Regelungsentwurf
- Folgeregelung mit Beobachter
- Exakte Linearisierung (MIMO) und Entkopplung

<http://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/lehre/nichtlineare-regelungssysteme-2>

### Medienformen

Entwicklung an der Tafel, Beiblätter, Übungsblätter und Simulationsbeispiele unter:

<http://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/lehre/nichtlineare-regelungssysteme-2>

### Literatur

- Isidori, A., Nonlinear Control Systems, Band 1, Springer, 2001
- Khalil, H., Nonlinear Systems, Prentice Hall, 1996
- Krstic, M., Kanellakopoulos, I., Kokotovic, P., Nonlinear and Adaptive Control Design, Wiley, 1995
- Marino, R., Tomei, P., Nonlinear Control Design: Geometric, Adaptive and Robust, Prentice Hall, 1995
- Slotine, J.-J., Li, W., Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991

### Detailangaben zum Abschluss

mündliche Prüfungsleistung, 30 Minuten

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum inkl. Testat erfolgreich absolviert werden.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Mechatronik 2014  
Master Mechatronik 2017  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2014  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT



## Modul: Fuzzy und Neuro Control

Modulnummer: 100939

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Christoph Ament

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Aneignung von Kenntnissen und praktischen Fertigkeiten beim Entwurf von Fuzzy- und Neuro-Systemen zur Anwendung auf den Gebieten der Modellbildung, des Entwurfs regelungstechnischer Systeme und der Lösung von Klassifikationsaufgaben in wissensbasierten Entscheidungshilfesystemen. Kennenlernen von Basismechanismen und Anwendungsgebieten von Evolutionären Algorithmen.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Abschluss der Grundausbildung in Mathematik, Regelungstechnik, Systemanalyse

### Detailangaben zum Abschluss

## Fuzzy- and Neuro Control

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100726

Prüfungsnummer: 220398

Fachverantwortlich: N. N.

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Informatik und Automatisierung						Fachgebiet:2211																								
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	1	1																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Aneignung von Kenntnissen und praktischen Fertigkeiten beim Entwurf von Fuzzy- und Neuro-Systemen zur Anwendung auf den Gebieten der Modellbildung, des Entwurfs regelungstechnischer Systeme und der Lösung von Klassifikationsaufgaben in wissensbasierten Entscheidungshilfesystemen. Kennenlernen von Basismechanismen und Anwendungsgebieten von Evolutionären Algorithmen.

### Vorkenntnisse

Abschluss der Grundausbildung in Mathematik, Regelungstechnik, Systemanalyse

### Inhalt

Grundlagen der Fuzzy-Theorie, Module des Fuzzy-Systems, Kennlinien und Kennflächen von Fuzzy-Systemen, Fuzzy-Modellbildungsstrategien, Fuzzy-Klassifikation und -Klassensteuerung, optimaler Entwurf von Fuzzy-Steuerungen und Regelungen, adaptive/lernende Fuzzy-Konzepte, Beispiele aus Technik, verwendete Tools: Fuzzy-Control Design Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox für MATLAB.

Theoretische Grundlagen Künstlicher Neuronaler Netze. Lernstrategien (Hebbsches Lernen, Delta-Regel Lernen, Competitives Lernen). Vorstellung grundlegender Netzwerktypen wie Perzeptron, Adaline, Madaline, Back-Propagation Netze, Kohonen-Netze. Modellbildung mit Hilfe Neuronaler Netze für statische (Polynommodell) und dynamische (Differenzgleichungsmodell, Volterra-Reihen-Modell) nichtlineare Systeme einschließlich entsprechender Anwendungshinweise (Fehlermöglichkeiten, Datenvorverarbeitung, Gestaltung des Lernprozesses). Strukturen zur Steuerung/Regelung mit Hilfe Neuronaler Netze (Kopieren eines konventionellen Reglers, Inverses Systemmodell, Internal Model Control, Model Predictive Control, direktes Training eines neuronalen Reglers, Reinforcement Learning). Methoden zur Neuro-Klassifikation (Backpropagation, Learning Vector Quantization). Anwendungsbeispiele und Vorstellung von Entwicklungstools für Künstliche Neuronale Netze, verwendete Tools: Neural Network Toolbox für MATLAB, HALCON, NeuralWorks Professional.

### Medienformen

Bei der Vorlesung werden über Beamer die wichtigsten Skizzen, Gleichungen und Strukturen dargestellt. Einfache Beispiele, das Herleiten von Gleichungen und die Erstellung von Strukturen werden anhand von Tafelbildern entwickelt. Zusätzlich wird der Lehrstoff mit Beispielen unter Verwendung der in MATLAB vorhandenen Toolboxes anhand untermauert. Die Vorlesungsfolien und das Skript können als PDF-Dokument heruntergeladen werden. Es findet zusätzlich zur Vorlesung alle zwei Wochen ein rechnergestütztes Seminar statt, in welchem die Studenten unter Verwendung von MATLAB/Simulink Aufgaben im Bereich der Modellbildung, Regelung und Klassifikation mit Fuzzy und Neuro Methoden lösen.

### Literatur

- Adamy J.: Fuzzy Logik, Neuronale Netze und Evolutionäre Algorithmen Shaker Verlag, Aachen 2005.
- Koch M., Kuhn Th., Wernstedt J.: Fuzzy Control – Optimale Nachbildung und Entwurf optimaler Entscheidungen, Oldenbourg, München, 1996.
- Kiendl H.: Fuzzy Control methodenorientiert, Oldenbourg, München 1997.
- D. Patterson: Künstliche Neuronale Netze, München, ...: Prentice Hall, 1996. R. Brause: Neuronale Netze, Stuttgart: Teubner, 1995. K. Warwick, G.W. Irwin, K.J. Hunt: Neural networks for control and systems, London: Peter Pelegrius Ltd., 1992.
- Schöneburg E., Heinzmann F., Feddersen S.: Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien, Addison-Wesley, 1994.
- Rechenberg I.: Evolutionsstrategie '94, frommann-holzboog, 1994

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Mechatronik 2008  
Master Mechatronik 2014  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2014  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

## Modul: Dynamische Prozessoptimierung

Modulnummer: 100355

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Pu Li

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden können

- die Grundlagen, Problemstellungen und Methoden der dynamischen Prozessoptimierung klassifizieren,
- Methoden und Werkzeuge anwenden,
- unterschiedliche Problemstellungen und mathematische Herleitungen analysieren und generieren
- optimale Steuerungen berechnen sowie
- Anwendungsfälle für industrielle Prozesse analysieren, entwickeln und bewerten.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

### Detailangaben zum Abschluss

- 1) Schriftliche Prüfung, 90 min. und
- 2) Unbenoteter Schein (Testat) für Praktikum



verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Ingenieurinformatik 2009  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Mechatronik 2008  
Master Mechatronik 2014  
Master Mechatronik 2017  
Master Research in Computer & Systems Engineering 2009  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2014  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

## Modul: Adaptive und strukturvariable Regelungssysteme

Modulnummer: 100908

Modulverantwortlich: Dr. Kai Wulff

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls:

- Kennen die Studierenden unterschiedliche Systemklassen, die für nichtlineare und schaltende Systeme betrachtet werden
- Kennen die Studierenden verschiedene Stabilitätskonzepte für solche Systemklassen
- Kennen die Studierenden Stabilitätskriterien für die unterschiedlichen Systemklassen und können diese anwenden.
- Kennen die Studierenden die unterschiedliche Verfahren zum Entwurf adaptiver und strukturvariabler Regelungen und sind in der Lage diese anzuwenden.
- Sind die Studierenden in der Lage typische Softwarewerkzeuge zur Analyse und zum Entwurf von adaptiven Regelkreisen zu verwenden.
- Können die Studierenden adaptive und strukturvariable Regler auf gängigen Plattformen implementieren.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Keine

### Detailangaben zum Abschluss

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum inkl. Testat erfolgreich absolviert werden.

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen      Art der Notengebung: Generierte Noten  
Sprache:deutsch      Pflichtkennz.:Pflichtfach      Turnus:Wintersemester

Prüfungsnummer:220401

Leistungspunkte: 5	Workload (h):150	Anteil Selbststudium (h):105	SWS:4.0
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet:2213

[illegible]

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls:

- Kennen die Studierenden unterschiedliche Systemklassen, die für nichtlineare und schaltende Systeme betrachtet werden
- Kennen die Studierenden verschiedene Stabilitätskonzepte für solche Systemklassen
- Kennen die Studierenden Stabilitätskriterien für die unterschiedlichen Systemklassen und können diese anwenden.
- Kennen die Studierenden die unterschiedliche Verfahren zum Entwurf adaptiver und strukturvariabler Regelungen und sind in der Lage diese anzuwenden.
- Sind die Studierenden in der Lage typische Softwarewerkzeuge zur Analyse und zum Entwurf von adaptiven Regelkreisen zu verwenden.
- Können die Studierenden adaptive und strukturvariable Regler auf gängigen Plattformen implementieren.

## Regelungs- und Systemtechnik 1 und 2

- Standardregelkreis mit statischer Nichtlinearität
- Stabilitätskriterien im Frequenzbereich (KYP-Lemma, Passivität, Popov-Kriterium, Kreiskriterium)
- Stabilität schaltender Systeme
- Adaptive Regelungsverfahren
- Strukturvariable Regelungsverfahren (Sliding-Mode Control, Gain-Scheduling)

Entwicklung an der Tafel, Folienpräsentationen, Simulationen, Beiblätter, Übungsblätter und Simulationsbeispiele

- Rugh, "Linear System Theory", Prentice Hall, 1996
- M. Vidyasagar. Nonlinear Systems Analysis. 2. Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.
- H. K. Khalil. Nonlinear Systems. 3. Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2002.
- O. Föllinger. Nichtlineare Regelungssysteme 2. 7. Edition. Oldenbourg, München, 1993.
- O. Föllinger. Nichtlineare Regelungssysteme 3. 1. Edition. Oldenbourg, München, 1970.

**mündliche Prüfungsleistung, 30 Minuten**  
Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum positiv abgeschlossen werden.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Seite 64 von 123





## Modul: Elektroprozesstechnik

Modulnummer: 100930

Modulverantwortlich: Dr. Ulrich Lüdtke

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage, typische elektrowärme-technische Einrichtungen zu analysieren und zu dimensionieren. Die Kompetenzen sind ausreichend, um eine praxisrelevante Entwurfsaufgabe zu den behandelten Elektrotechnologien zu lösen.

The students should understand the basic principle of the electroheat. They should be able to choose the right electroheat technique for a given industrial problem. They should master the simplest techniques used to set the dimensions of an electroheat equipment. The practical exercises are first steps in the engineering design process and many have substantial design content.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Mathematik und Physik für Ingenieure, Grundlagen der Elektrotechnik

Maths and physics for engineers, basics in electrical engineering

### Detailangaben zum Abschluss

## Elektroprozessentechnik

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100495

Prüfungsnummer: 2100455

Fachverantwortlich: Dr. Ulrich Lüdtkke

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2166																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, typische elektrowärme-technische Einrichtungen zu analysieren und zu dimensionieren. Die Kompetenzen sind ausreichend, um eine praxisrelevante Entwurfsaufgabe zum Lehrgebiet als Abschlussarbeit zu lösen.

### Vorkenntnisse

Mathematik und Physik für Ingenieure, Grundlagen der Elektrotechnik

### Inhalt

Wärmeübertragung:

Wärmeleitung (allgemeine Wärmeleitungsgleichung, Randbedingungen, Lösungsmöglichkeiten, thermisches Einkörperproblem); Konvektiver Wärmeübergang (Einflüsse, Strömungsarten, Kennzahl-Gleichungen, Wärmeübergangskoeffizient); Wärmeübergang durch Strahlung (Grundgesetze, Strahlungsaustausch zwischen schwarzen und grauen Flächen, Einstrahlzahlen)

Induktives Erwärmen und Schmelzen:

Induktoren; Ausbreitung des elektromagnetischen Feldes im Halbraum und anderen einfachen Körpern (Vollzylinder, Platte, Hohlzylinder); Ableitung von Feldimpedanzen charakteristischer Einsätze (Werkstücke); Induktorberechnung; Ersatzschaltungen; Stromquellen; Anpassung

Dielektrische Erwärmung:

dielektrische Verluste; Behandlung als Potentialfeld; Berechnung des Arbeitskondensators; Behandlung als Wellenfeld; dielektrischer Halbraum; Reflexion; Feldverteilung; Stromquellen; Anpassung

Indirekte und Direkte Widerstandserwärmung:

Heizleiter- / Heizelemente- Dimensionierung; direkte Widerstandserwärmung über Kontakte und Elektroden; Hochstromleitungen; Stromquellen; Anpassung

In den Übungen werden praxisrelevante Aufgaben gelöst, bei denen werkstofftechnische Fragen (z.B. Einhärtetiefe, Rekristallisation, Aushärten von Klebern) im Vordergrund stehen.

### Medienformen

Es wird der Tafelvortrag ergänzt durch Zusammenfassungen mittels vorgefertigter Darstellungen (Folienpräsentation) bevorzugt. Für ausgewählte dynamische Vorgänge und Prozesse werden Videopräsentationen gezeigt. Anschauungsmaterial (Muster), Laborversuche und Betriebsbesuche ergänzen das Lehrangebot. Alle wesentlichen Darstellungen (Bilder und Tafeln) werden in gedruckter Form an die Studenten ausgegeben.

### Literatur

[1] A. F. Mills: Basic Heat and Mass Transfer, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, ISBN 0-13-096247-3, 1999.

[2] A. C. Metaxas: Foundations of Electroheat, a unified approach, John Wiley & Sons, Chichester, ISBN 0471956449, 1996.

[3] Electromagnetic Induction and Conduction in Industry; Paris: Centre Francais de l'Électricité, 1997.

[4] V. Rudnev, D. Loveless, R. Cook, M. Black: Handbook of Induction Heating, New York, Basel: Marcel Dekker, Inc., ISBN 0-8247-0848-2, 2003.

## Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EWT

## Modul: Wärme- und Stoffübertragung

Modulnummer: 100931

Modulverantwortlich: Dr. Ulrich Lüdtke

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage, Wärme- und Stoffübertragungsprobleme zu analysieren. Die Kompetenzen sind ausreichend, um geeignete Lösungsmöglichkeiten auszuwählen und einfache Berechnungen und Abschätzungen selbständig vorzunehmen.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Mathematik und Physik für Ingenieure

### Detailangaben zum Abschluss

## Wärme- und Stoffübertragung

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 5461

Prüfungsnummer: 2100456

Fachverantwortlich: Dr. Ulrich Lüdtke

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2166																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, Wärme- und Stoffübertragungsprobleme zu analysieren. Die Kompetenzen sind ausreichend, um geeignete Lösungsmöglichkeiten auszuwählen und einfache Berechnungen und Abschätzungen selbstständig vorzunehmen.

### Vorkenntnisse

Mathematik und Physik für Ingenieure

### Inhalt

Wärmeleitung  
Mathematische Analogie von Wärmeleitung und Diffusion  
Ähnlichkeitsmethodik  
Konvektiver Wärmeübergang  
Temperaturstrahlung  
Wärmenetze  
Instationäre Wärmeleitung (analytische und numerische Lösungen)  
Temperaturmessung

### Medienformen

Es wird der Tafelvortrag ergänzt durch Zusammenfassungen mittels vorgefertigter Darstellungen (Folienpräsentation) bevorzugt. Für ausgewählte dynamische Vorgänge und Prozesse werden Videopräsentationen gezeigt. Alle wesentlichen Darstellungen (Bilder, Tabellen, Diagramme usw.) werden in gedruckter Form an die Studenten ausgegeben.

### Literatur

[1] H.D. Baer, K. Stefan: Wärme- und Stoffübertragung, Springer, 7. Auflage, 2010.

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EWT

## Modul: Elektrische Energiewandlung

Modulnummer: 100932

Modulverantwortlich: Dr. Ulrich Lüdtke

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden kennen und verstehen die grundlegenden Formen der elektrischen Energiewandlung. Sie sind in der Lage, für einfache elektromechanische Wandler die Systemgleichungen aufzustellen. Sie verstehen die Systemgleichungen zu linearisieren und in die Standardform zu überführen. Numerische zeitdiskrete Verfahren (Blockstrukturen) zur Lösung nichtlinearer Systemgleichungen können angewendet werden.

The students should understand the basic forms of the direct electrical energy conversion. They should master the simplest techniques used to establish and to solve the differential equations of an electro-mechanical or a magneto-mechanical system (e.g. linearization, put equation systems into normalized form). They should be able to solve non-linear differential equation systems with help of a commercial package using time discretization.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Mathematik und Physik für Ingenieure, Grundlagen der Elektrotechnik

Maths and physics for engineers, basics in electrical engineering

### Detailangaben zum Abschluss

## Elektrische Energiewandlung

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 1349

Prüfungsnummer: 2100494

Fachverantwortlich: Dr. Ulrich Lüdtké

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2166																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2 2 0																							

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen und verstehen die grundlegenden Formen der elektrischen Energiewandlung. Sie sind in der Lage, für einfache elektromechanische Wandler die Systemgleichungen aufzustellen. Sie verstehen die Systemgleichungen zu linearisieren und in die Standardform zu überführen. Numerische zeitdiskrete Verfahren (Blockstrukturen) zur Lösung nichtlinearer Systemgleichungen können angewendet werden.

### Vorkenntnisse

Mathematik 1–3, Physik 1–2, Allgemeine Elektrotechnik 1–3, Theoretische Elektrotechnik 1

### Inhalt

Erscheinungsformen der Energie, reversible und irreversible Wandlungen Elektro-mechanische Wandlung im elektrischen Feld Energie und Koenergie; numerische Energieberechnung; Kraft aus virtueller Verrückung, Spannungs-, Strom- und Wegdynamik, statischer Arbeitspunkt, Linearisierung des Differentialgleichungssystems, lineare/nichtlineare Eigenschaften, Beispiel: Dynamik einfacher Anordnungen, Elektro-mechanische Wandlung im magnetischen Feld Energie und Koenergie; numerische Energieberechnung; Magnetsysteme mit rotatorischen / translatorischen Elementen; Kraft aus virtueller Verrückung; lineare/nichtlineare Zusammenhänge; Energie von Systemen mit mehreren Eingängen; Spannungs-, Strom- und Wegdynamik; Blockstruktur des zu lösenden Differentialgleichungs-Systems; numerische Lösung des Differential-Gleichungssystems (Euler); Beispiele: Dynamik einfacher Anordnungen Irreversible elektrothermische Wandlung Wandlung bei induzierter und kontaktierter Stromleitung in Festkörpern; leitfähigen Flüssigkeiten und Gasen; Wandlung durch Polarisationswechsel im elektrischen und magnetischen Feld; Schwingungsanregung von geladenen Teilchen, Wandlung durch Teilchenstrahlung Thermo-elektrische Wandlung Prinzipien (thermische Elektronenemission; thermoelektronische Effekte); idealer und realer Wirkungsgrad; Verlustursachen; U,I- Kennlinie Chemo-elektrische Wandlung Primär-, Sekundär- und Brennstoffzellen; Energiebilanz (Gibbs- Energie, Enthalpie, Entropie); Stoffumsatz; Reaktionsgleichung; Zellenspannung; idealer Wirkungsgrad; U,I- Kennlinie; prinzipieller Aufbau sowie realer Wirkungsgrad der Brennstoffzelle Foto-elektrische Wandlung Prinzip; Grenzwirkungsgrad; Verlustursachen; U,I- Kennlinie des Fotelements; Anpassung und Verschaltung von Zellen Wandlungen mit der kinetischen Energie elektrisch leitender Fluide Prinzipien (magneto-hydrodynamisch, elektro-hydrodynamisch); Generatoren; idealer Wirkungsgrad; Grenzwerte

### Medienformen

Es wird der Tafelvortrag, ergänzt durch Zusammenfassungen mittels vorgefertigter Darstellungen (Folienpräsentation), bevorzugt. Für ausgewählte dynamische Vorgänge und Prozesse werden Videopräsentationen gezeigt. Alle wesentlichen Darstellungen (Bilder und Tafeln) sind aus dem Intranet durch die Studenten abrufbar.

### Literatur

[1] R. Decher: Direct Energy Conversion - Fundamentals of Electric Power Production New York, Oxford, Oxford University Press, 1997.

[2] K.J. Binns, P.J. Lawrenson, C.W. Trowbridge: The Analytical and Numerical Solution of Electric and Magnetic Fields, John Wiley & Sons Ltd, 1994.

[3] H.-G. Wagemann, H. Eschrich: Grundlagen der photovoltaischen Energiewandlung Stuttgart, B.G. Teubner, 1994.



[4] H. Wendt, V. Plazak: Brennstoffzellen Düsseldorf, VDI-Verlag, 1992.

Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EWT

## Modul: Numerische Simulation in der Elektroprozessstechnik

Modulnummer: 100933

Modulverantwortlich: Dr. Ulrich Lüdtke

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden kennen und verstehen die Berechnungsmethoden zur Lösung von elektrischen und magnetischen Feldproblemen. Sie sind in der Lage, einfache Problemstellungen analytisch zu berechnen. Sie verstehen die Besonderheiten numerischer Lösungsverfahren am Beispiel der Finiten Element Methode. Die Studierenden sind in der Lage mit dem kommerziellen Finite Elemente Programm ANSYS-Workbench elektrische und magnetische Feldprobleme zu simulieren und auszuwerten.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Mathematik und Physik für Ingenieure, Grundlagen der Elektrotechnik

### Detailangaben zum Abschluss

## Numerische Simulation in der Elektroprozessstechnik

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100740 Prüfungsnummer: 2100480

Fachverantwortlich: Dr. Ulrich Lüdtké

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2166																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2 2 0																							

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen und verstehen die Berechnungsmethoden zur Lösung von elektrischen und magnetischen Feldproblemen. Sie sind in der Lage, einfache Problemstellungen analytisch zu berechnen. Sie verstehen die Besonderheiten numerischer Lösungsverfahren am Beispiel der Finiten Element Methode. Die Studierenden sind in der Lage mit dem kommerziellen Finite Elemente Programm ANSYS-Workbench elektrische und magnetische Feldprobleme zu simulieren und auszuwerten.

### Vorkenntnisse

Mathematik und Physik für Ingenieure, Grundlagen der Elektrotechnik

### Inhalt

Analytische und Numerische Berechnung von Feldproblemen in der Elektrotechnik Formulierung von Randwertaufgaben Feldtypen, partielle Differentialgleichungen; Randbedingungen; räumliche Dimension; zeitliche Abhängigkeiten; Stoffeigenschaften; Feldverkopplungen; Koordinatensysteme; Vereinfachungen; Skalare Potentialfelder (elektrostatisches Feld, magnetostatisches Feld, Wärmeleitungsprobleme); Vektorielle Felder (elektromagnetisches Feld, Vektorpotential); Mathematisch analoge Felder Analytische Berechnung Eindimensionale Lösungen; Methode der Spiegelung Numerische Näherungsverfahren Finite Element Methode (Verfahren des gewichteten Restes – Galerkinverfahren, Variationsverfahren); Ein- und zweidimensionales Beispiel für die Finite Element Methode; Boundary-Element-Methode Diskretisierungstechniken Finite Elemente (Form- bzw. Ansatzfunktionen, Eigenschaften); Kanten- und knotenpunktorientierte Elemente; Vernetzungskonzepte; Großdimensionale Gleichungssysteme (Eigenschaften, Lösungsverfahren) Fehlerbetrachtung Fehlerursachen; Prüfung (Vergleich, Bilanzen, Abschätzung) Seminare Berechnung von Beispielen mit ANSYS-Workbench

### Medienformen

Der Tafelvortrag wird durch Folienpräsentationen und Videoanimationen ergänzt. Alle wesentlichen Darstellungen werden in gedruckter Form an die Studenten ausgegeben. Übungsaufgaben sind aus dem Intranet durch Studenten abrufbar.

### Literatur

- [1] K. Küpfmüller: Theoretische Elektrotechnik - eine Einführung, 17. bearb. Aufl. - Berlin, Springer-Verlag, 2006.
- [2] A. Kost: Numerische Methoden in der Berechnung elektromagnetischer Felder, Springer-Verlag, 1994.

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Elektrochemie und Galvanotechnik 2013  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EWT

## Modul: Lichtbogen und Kontaktphysik

Modulnummer: 100942

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage, Schaltgerätekonstruktionen zu analysieren, ihre physikalische Wirkungsweise zu verstehen und die verschiedenen technischen Lösungen zu bewerten. Sie sind in der Lage, Lichtbogenlöschsysteme mittels Modellbildung und Simulation zu entwickeln. Das analytische und systematische Denken ist geschult. In den Praktika wird die Teamfähigkeit, Arbeitsorganisation und Präsentationstechnik ausgebildet.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Elektrische Energietechnik, Elektrotechnische Geräte 1, Elektrotechnische Geräte 2 und Anlagen

### Detailangaben zum Abschluss

## Lichtbogen und Kontaktphysik

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ 60 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100745

Prüfungsnummer: 2100481

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):94			SWS:5.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik						Fachgebiet:2162																								
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	2	1																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, Schaltgerätekonstruktionen zu analysieren, ihre physikalische Wirkungsweise zu verstehen und die verschiedenen technischen Lösungen zu bewerten. Sie sind in der Lage, Lichtbogenlöschsysteme mittels Modellbildung und Simulation zu entwickeln. Das analytische und systematische Denken ist geschult. In den Praktika wird die Teamfähigkeit, Arbeitsorganisation und Präsentationstechnik ausgebildet.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Elektrischen Energietechnik, Elektrotechnische Geräte 1, Elektrotechnische Geräte 2 und Anlagen

### Inhalt

Definitionen: Plasma, Lichtbogen, Schaltlichtbogen; Entstehungsmöglichkeiten von Lichtbögen; Lichtbogenlöschung in Gasen, Flüssigkeiten und Vakuum; Beeinflussung des Lichtbogenverhaltens, Physik elektrischer Kontakte und Kontaktwerkstoffe, Ausführungen von Nieder-, Mittel- und Hochspannungsschaltgeräten

### Medienformen

Foliensatz, Video, Exponate, PC-Animation

### Literatur

Burkhardt: Schaltgeräte der Elektrotechnik, Verlag Technik, 1985  
 Lindmayer, M.: Schaltgeräte, Grundlagen, Aufbau, Wirkungsweise, Springer-Verlag, 1987  
 Boulos, M.; Fauchais, P.; Pfender, E.: Thermal Plasmas, Plenum Press, New York, 1994  
 Slade, P. G.: Electrical Contacts: Principles and Applications, CRC Press, New York, 2014  
 Vinaricky, E.: Elektrische Kontakte, Werkstoffe und Anwendungen, 3. Auflage, Springer Verlag, 2016  
 Holm, R.: Electric Contacts Theory and Applications, 4. Edition, Springer Verlag, 2000

### Detailangaben zum Abschluss

Die alternative Prüfungsleistung besteht aus einer 60-minütigen mündlichen Prüfung sowie einem benoteten Praktikum (4 Versuche inkl. Dokumentation). Die mdl. Prüfung geht mit 2/3, das Praktikum mit 1/3 in die Gesamtbewertung ein.

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Modul: Blitz- und Überspannungsschutz (BUE)

Modulnummer: 100943

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Michael Rock

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden können das richtige Verhalten bei Gewitter, die Effekte von Blitzentladungen und die Arbeitsweise von Schutzeinrichtungen beschreiben sowie Anlagen und Komponenten hinsichtlich des Blitz- und Überspannungsschutzes analysieren, grob dimensionieren und bewerten. Die Studierenden kennen die grundlegende Ausführung von Einrichtungen zum Blitzschutz und von Blitzschutzanlagen sowie von Überspannungsschutzgeräten und -systemen (Nieder- und Hochspannungsbereich) und verstehen deren Funktionsweise. Die Studierenden sind in der Lage die mechanischen, thermischen und elektromagnetischen Wirkungen von Blitzströmen zu berechnen oder abzuschätzen. Grundlegend kennen die Studierenden den Aufbau und die Funktionsweise von Einrichtungen zur Nachbildung von elektrischen Blitzgrößen im Labor.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Elektrotechnik und elektrische Energietechnik auf dem Niveau eines Ingenieurstudienganges (BSc);  
Grundkenntnisse: Elektrotechnische Geräte, Hochspannungstechnik, Elektrische Netze, Elektrische Energiesysteme

### Detailangaben zum Abschluss

## Blitz- und Überspannungsschutz (BUE)

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: deutsch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100746

Prüfungsnummer: 2100482

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Michael Rock

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2169																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können das richtige Verhalten bei Gewitter, die Effekte von Blitzentladungen und die Arbeitsweise von Schutzzeineinrichtungen beschreiben sowie Anlagen und Komponenten hinsichtlich des Blitz- und Überspannungsschutzes analysieren, grob dimensionieren und bewerten. Die Studierenden kennen die grundlegende Ausführung von Einrichtungen zum Blitzschutz und von Blitzschutzanlagen sowie von Überspannungsschutzgeräten und -systemen (Nieder- und Hochspannungsbereich) und verstehen deren Funktionsweise. Die Studierenden sind in der Lage die mechanischen, thermischen und elektromagnetischen Wirkungen von Blitzströmen zu berechnen oder abzuschätzen. Grundlegend kennen die Studierenden den Aufbau und die Funktionsweise von Einrichtungen zur Nachbildung von elektrischen Blitzgrößen im Labor.

### Vorkenntnisse

Elektrotechnik und elektrische Energietechnik auf dem Niveau eines Ingenieurstudienganges (BSc);  
Grundkenntnisse: Elektrotechnische Geräte, Hochspannungstechnik, Elektrische Netze, Elektrische Energiesysteme

### Inhalt

Geschichte von Blitzschutz und Blitzforschung, Entstehung von Gewittern, Einteilung und Ablauf von Blitzentladungen, Kennwerte und Bedrohungsparameter, grundsätzliche Blitzstromwirkungen, Elektromagnetisches Feld der Blitzentladung, Äußerer Blitzschutz (Fanganordnungen, Ableitung, Erdung), Innerer Blitzschutz (Blitzschutzpotentialausgleich, Trennungsabstände), Blitzschutzkonzept, Überspannungsschutz, Laborsimulation von Blitzströmen und Prüfverfahren, Richtlinien und Normen zum Blitz- und Überspannungsschutz

### Medienformen

PowerPoint-Präsentationen; Folien; Tafel und Kreide; Anschauungsobjekte; Demonstrationsversuche; Bereitstellung von Präsentationen und Folien

### Literatur

Hasse, P.; Wiesinger, J.; Zischank, W.: Handbuch für Blitzschutz und Erdung, Pflaum Verlag, München, 5. Auflage, 2006

Heidler, F.; Stimpfer, K.: Blitz und Blitzschutz, VDE Verlag GmbH, Berlin, Offenbach, 2009

Rakov, V.A.; Uman, M.A.: Lightning, Physics and Effects, Cambridge University Press, Cambridge, 2005

Baatz, H.: Mechanismus der Gewitter und Blitze, VDE Verlag GmbH, 1985

Noack, F.: Einführung in die elektrische Energietechnik, Hanser Fachbuchverlag, Fachbuchverlag Leipzig, 2002

Kern, A.; Wettingfeld, J.: Blitzschutzsysteme 1 / Blitzschutzsysteme 2, VDE Verlag GmbH, Berlin, Offenbach, 2014/2015

Blitzplaner DEHN + SÖHNE, 3. Auflage, Druckschrift Nr. DS702/2013, Neumarkt/Opf., Juli 2013, <http://www.dehn.de>, 4. Auflage, 2018

Landers, E.U.; P. Zahlmann, P.: EMV - Blitzschutz von elektrischen und elektronischen Systemen in baulichen Anlagen, VDE Verlag GmbH, Berlin, Offenbach, 3. Auflage, 2013

Kopecky, V.: EMV, Blitz- und Überspannungsschutz von A bis Z, Pflaum Verlag, München, 2. Auflage, 2011

Schwab, A.J.; W. Kürner, W.: Elektromagnetische Verträglichkeit, Springer-Verlag, Berlin, 5. Auflage, 2007

Raab, V.: Überspannungsschutz in Verbraucheranlagen: Auswahl, Errichtung, Prüfung, HUSS-MEDIEN, Verlag Technik, Berlin, 2003

Standler, R.B.: Protection of Electronic Circuits from Overvoltages, John Wiley & Sons, New York, 1989, Dover Publications, Mineola, 2002

Hasse, P.: Überspannungsschutz von Niederspannungsanlagen, TÜV-Verlag, 4. Auflage, 1998

DIN EN 62305-1 bis -4 (VDE 0185-305-1 bis -4) (IEC 62305-1 bis -4:2010), Oktober 2011, Blitzschutz, Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Teil 2: Risiko-Management, Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen, Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen

#### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013



## Modul: Elektrotechnische Geräte und Anlagen 2

Modulnummer: 100946

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage wesentliche Betriebsmittel der Energietechnik zu analysieren, zu dimensionieren und zu synthetisieren. Es können innovative Entwicklungsrichtungen auf Basis des Wissens selbstständig verfolgt werden. Das Verhalten der einzelnen Betriebsmittel und ihre Wechselwirkung im System des elektrischen Netzes ist analysierbar. Das analytisch, systematische Denken ist geschult. Kreativität zur Lösung neuer technischer Lösungen wird angeregt. Teamorientierung, Entscheidungsverhalten und Arbeitsorganisation wird in den Praktikas geschult.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Elektrische Energietechnik, Elektrotechnische Geräte 1 und Anlagen

### Detailangaben zum Abschluss

## Elektrotechnische Geräte und Anlagen 2

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ 60 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache:deutsch

Pflichtkennz.:Pflichtfach

Turnus:Sommersemester

Fachnummer: 100757

Prüfungsnummer:2100495

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2162																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	1	1																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage wesentliche Betriebsmittel der Energietechnik zu analysieren, zu dimensionieren und zu synthetisieren. Es können innovative Entwicklungsrichtungen auf Basis des Wissens selbstständig verfolgt werden. Das Verhalten der einzelnen Betriebsmittel und ihre Wechselwirkung im System des elektrischen Netzes ist analysierbar. Das analytisch, systematische Denken ist geschult. Kreativität zur Lösung neuer technischer Lösungen wird angeregt. Teamorientierung, Entscheidungsverhalten und Arbeitsorganisation wird in den Praktikas geschult.

### Vorkenntnisse

Elektrische Energietechnik, Elektrotechnische Geräte 1

Teilnahmevoraussetzung für das Praktikum ist das Absolvieren der Arbeitsschutzbelehrung, diese findet einmalig zu Beginn jedes Semesters statt. Termin wird per Aushang im Fachgebiet, auf der Fachgebietswebseite und im VLV bekannt gegeben.

### Inhalt

Überspannungsschutzgeräte, Ableiter in der Hochspannung, Mittelspannung und Niederspannung

Messwandler, Nichtkonventioneller Wandler

Generatoren (Betriebsdiagramm der Synchronmaschine, Blindleistungsverhalten der Synchronmaschine,

Regelung des Generators), Transformatoren, Drehstromtransformatoren

Spulen

Kondensatoren (Reihen Kondensatoren, Parallelkondensatoren), Freileitungen, Kabel, HGÜ-Anlagentechnik

### Medienformen

Foliensatz, Skript, Schnittmodelle, Geräte als Anschauungsstücke, Fachexkursionen, Praktikumsanleitungen

### Literatur

Noack, F.: Einführung in die elektrische Energietechnik, Fachbuchverlage Leipzig, 2003

Herold, G.: Elektrische Energieversorgung, Band 1 - 4, J. Schlembach Fachverlag, 2002

Böhme: Mittelspannungstechnik, Verlag Technik Berlin, 1992

Schwab, A.: Elektroenergiesysteme, Springer Verlag, 2006

Oeding, D.; Oswald, B. R.: Elektrische Kraftwerke und Netze, 7. Auflage, Springer Verlag, 2011

Crastan, V.; Westermann, D.: Elektrische Energieversorgung 3, Springer Verlag, 2012

Bleischmidt, M.: VDEW-Kabelhandbuch, VDEW Energieverlag GmbH, Frankfurt, 2001

Reschke, E.; Olshausen, R. v.: Kabelanlagen für Hoch- und Höchstspannung, Publicis MCD Verlag, 1998

### Detailangaben zum Abschluss

Die alternative Prüfungsleistung besteht aus einer 60-minütigen mündlichen Prüfung sowie einem benoteten Praktikum (4 Versuche). Die mdl. Prüfung geht mit 2/3, das Praktikum mit 1/3 in die Gesamtbewertung ein.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EWT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Modul: Technologie der Schaltgeräte

Modulnummer: 100947

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden sind der Lage, schaltgeräterelevante Konstruktions- und Entwicklungsaufgaben zu analysieren und neue Lösungen zu erarbeiten. Sie können die modernen Methoden der Portfoliotechnik, Computersimulation und Simultaneous Engineering anwenden. Das analytische und kreative Denken ist ausgeprägt.

Teamorientierung, Präsentationstechnik, und Arbeitsorganisation werden ausgeprägt.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Elektrische Energietechnik, Lichtbogen- und Kontaktphysik, Elektrotechnische Geräte 1, Elektrotechnische Geräte und Anlagen 2

### Detailangaben zum Abschluss

## Technologie der Schaltgeräte

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 60 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100754

Prüfungsnummer: 2100490

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2162																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	1	1																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage schaltgeräterelevante Konstruktions- und Entwicklungsaufgaben zu analysieren und neue Lösungen zu erarbeiten. Sie können die modernen Methoden der Portfoliotechnik, Computersimulation und Simultaneous Engineering anwenden. Das analytische und kreative Denken ist ausgeprägt. Teamorientierung, Präsentationstechnik und Arbeitsorganisation werden ausgeprägt.

### Vorkenntnisse

Elektrische Energietechnik, Lichtbogen- und Kontaktphysik, Elektrotechnische Geräte 1, Elektrotechnische Geräte und Anlagen 2

### Inhalt

Technologiebetrachtungen zu NS-Schaltgeräten, Technologieentwicklungskurve, Technologieportfolio, Delphi-Studie, Konstruktion und Entwicklung von NS-Schaltgeräten, Schütze, Leistungsschalter, Motorschutzschalter, Definition, Funktionsstruktur, Aufbau, Anwendung, Prüfungen von Schaltgeräten (Lebensdauer, Hochstrom, Erwärmung, Spezialmesstechnik), Computersimulation, Finite Elemente, Magnetfeld, Temperatur, Lichtbogensimulation, Kinematik, Dynamik

### Medienformen

Foliensatz, Video, Exponate, Prospekte, Vorführungen

### Literatur

Slade, G.: Electrical Contacts, Principles and Application, CRC Press, New York, 2014  
 Vinaricky, E.: Elektrische Kontakte, Werkstoffe und Anwendungen, 3. Auflage, Springer Verlag, 2016  
 Burkhard, G.: Schaltgeräte der Elektroenergietechnik, Verlag Technik Berlin, 1985  
 Lindmayer, M.: Schaltgeräte, Grundlagen, Aufbau, Wirkungsweise, Springer Verlag, 1987  
 Eversheim, W.: Innovationsmanagement für technische Produkte, Springer Verlag, 2003

### Detaillangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Modul: Transiente Vorgänge in elektrischen Anlagen (TVA)

Modulnummer: 100948

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Michael Rock

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden können Ersatzschaltbilder ableiten und Rechenverfahren anwenden sowie kennen wichtige Schalterbeanspruchungen und können Schaltüberspannungen, Stromausgleichsvorgänge sowie Wanderwellenvorgänge beschreiben, deren Ursachen erklären und Maßnahmen zur Reduzierung der Beanspruchungen ableiten. Die Studierenden sind in der Lage, transiente Vorgänge in elektrischen Netzen zu analysieren und deren Auswirkungen auf das Netz und die Betriebsmittel zu bewerten. Die Studierenden können mit einem verbreitet angewendeten Netzwerkanalyseprogramm für elektroenergie technische Probleme einfache Schaltungssimulationen durchführen.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Elektrotechnik und elektrische Energietechnik auf dem Niveau eines Ingenieurstudienganges (BSc.);  
Grundkenntnisse: Elektrotechnische Geräte, Hochspannungstechnik, Elektrische Netze, Elektrische Energiesysteme

### Detailangaben zum Abschluss

## Transiente Vorgänge in elektrischen Anlagen (EVA)

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: deutsch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100749 Prüfungsnummer: 2100485

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Michael Rock

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2169																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	2	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können Ersatzschaltbilder ableiten und Rechenverfahren anwenden sowie kennen wichtige Schalterbeanspruchungen und können Schaltüberspannungen, Stromausgleichsvorgänge sowie Wanderwellenvorgänge beschreiben, deren Ursachen erklären und Maßnahmen zur Reduzierung der Beanspruchungen ableiten. Die Studierenden sind in der Lage, transiente Vorgänge in elektrischen Netzen zu analysieren und deren Auswirkungen auf das Netz und die Betriebsmittel zu bewerten. Die Studierenden können mit einem verbreitet angewendeten Netzwerkanalyseprogramm für elektroenergetische Probleme einfache Schaltungssimulationen durchführen.

### Vorkenntnisse

Elektrotechnik und Elektrische Energietechnik, auf dem Niveau eines Ingenieurstudienganges (BSc.); Grundkenntnisse: Elektrotechnische Geräte, Hochspannungstechnik, Elektrische Netze, Elektrische Energiesysteme

### Inhalt

Übersicht (elektromagnetomechanische Vorgänge, Resonanz-, Schalt- und Blitzvorgänge), Ersatzschaltbilder, Rechenverfahren, Schalterbeanspruchungen (Klemmen- und Abstandskurzschluss, Doppelerdschluss, asynchrones Schalten), Schaltüberspannungen (Unterbrechen von kleinen induktiven Strömen, Schalten kapazitiver Ströme), Stromausgleichsvorgänge, Ausgleichsvorgänge in GIS, Wanderwellenvorgänge

### Medienformen

Tafel und Kreide, Folien, Power-Point-Präsentationen, Bereitstellung von Folien und Präsentationen

### Literatur

- Noack, F.: Schalterbeanspruchungen in Hochspannungsnetzen, Verlag Technik, Berlin, 1980
- Noack, F.: Einführung in die Elektrische Energietechnik, Hanser Fachbuchverlag, Fachbuchverlag Leipzig, 2002
- Rüdenberg, R.: Elektrische Schaltvorgänge, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1974
- Baatz, H.: Überspannungen in Energieversorgungsnetzen, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1956
- Koettnitz, H.; Winkler, G.; Weißnig, K.-D.: Grundlagen elektrischer Betriebsvorgänge in Elektroenergiesystemen, 1. Auflage, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1986
- Greenwood, A.: Electrical Transients in Power Systems, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, 1991
- Slamecka, E.; Waterschek, W.: Schaltvorgänge in Hoch- und Niederspannungsnetzen, Berechnungsgrundlagen, Publicis Corporate Publishing, 1992 (1972)
- Miri, A.M.: Ausgleichsvorgänge im Elektroenergiesystem, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2000
- Herold, G.: Elektrische Energieversorgung, Band II, Parameter elektrischer Stromkreise, Leitungen, Transformatoren, J. Schlembach Fachverlag, Weil der Stadt, 2001
- Herold, G.: Elektrische Energieversorgung, Band IV, Ein- und Ausschaltvorgänge, Überspannungen,

Grundprinzipien des Netzschutzes, J. Schlembach Fachverlag, Weil der Stadt, 2001

Das, J.C.: Transients in Electrical Systems Analysis, Recognition, and Mitigation, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, USA, 2010

Watson, N.; Arrillaga, J.: Power Systems Electromagnetic Transients Simulation, IET Power and Energy Series 39, London, 2007

Schramm, H.-H.: Schalten im Hochspannungsnetz, VDE-Verlag Berlin, 2015

Van der Sluis, L.: Transients in Power Systems, 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto, 2001

Smeets, R.; van der Sluis, L.; Kapetanovic, M.; Peelo, D.; Janssen, A.: Switching in Electrical Transmission and Distribution Systems, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, 2015

Balzer, G.; Neumann, C.: Schalt- und Ausgleichsvorgänge in elektrischen Netzen, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2016

Smith, P.W.: Transient Electronics, Pulsed Circuit Technology, John Wiley & Sons, Ltd., 2002

Shenkman, A.L.: Transient Analysis of Electric Power Circuits Handbook, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2005

CIGRE TB 543: Guideline for Numerical Electromagnetic Analysis Method and its Application to Surge Phenomena, Working Group C4.501, June 2013

Martinez-Velasco, J.A.: Power System Transients, Parameter Determination, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York, 2010

Martinez-Velasco, J.A.: Transient Analysis of Power Systems, Solution Techniques, Tools, and Applications, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, 2015

Ametani, A.; Nagaoka, N.; Baba, Y.; Ohno, T.: Power System Transients, Theory and Applications, CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton, FL, USA, 2013

Ametani, A.: Numerical Analysis of Power System Transients and Dynamics, IET Power and Energy Series 78, The Institution of Engineering and Technology, London, UK, 2015

Dommel, H.W.; Bhattacharya, S.; Brandwajn, V.; Lauw, H.K.; Marti, L.: Electromagnetic Transients Program Reference Manual (EMTP Theory Book), Bonneville Power Administration, Portland, Oregon, USA, August 1986

Meyer, W.S.; Liu, T.-H.: Alternative Transients Program (ATP), Rule Book, Canadian / American EMTP User Group, 1987 - 1992

Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013



## Modul: Transientenmesstechnik (TMT)

Modulnummer: 100949

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Michael Rock

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden kennen die Grundlagen der elektrischen Messtechnik und Signalverarbeitung mit den Schwerpunkten Realisierung und Eigenschaften digitaler Messsysteme. Der Aufbau, die Arbeitsweise, der Umgang und die Fehler von Digitalspeicheroszilloskopen (DSO) sind bekannt. Die Studierenden kennen und verstehen das grundsätzliche Verhalten von Messsystemen für schnell veränderliche elektrische Größen, verschiedene Messaufnehmer zur Spannungs- und Strommessung sowie Leitungen zur Signalübertragung und können Messaufbauten entwerfen bzw. prinzipiell gestalten. Die Studierenden verstehen die Messwertverarbeitung und sind in der Lage, die Messung kurzzeitiger elektrischer Vorgänge durchzuführen, Messsignale auszuwerten und weiterzuverarbeiten.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Elektrotechnik und elektrische Energietechnik auf dem Niveau eines Ingenieurstudienganges (BSc);  
Grundkenntnisse: Elektrische Meßtechnik, Elektrotechnische Geräte, Hochspannungstechnik

### Detailangaben zum Abschluss

## Transientenmesstechnik (TMT)

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: deutsch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100750 Prüfungsnummer: 2100486

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Michael Rock

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2169																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2 2 0																							

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen die Grundlagen der elektrischen Messtechnik und Signalverarbeitung mit den Schwerpunkten Realisierung und Eigenschaften digitaler Messsysteme. Der Aufbau, die Arbeitsweise, der Umgang und die Fehler von Digitalspeicheroszilloskopen (DSO) sind bekannt. Die Studierenden kennen und verstehen das grundsätzliche Verhalten von Messsystemen für schnell veränderliche elektrische Größen, verschiedene Messaufnehmer zur Spannungs- und Strommessung sowie Leitungen zur Signalübertragung und können Messaufbauten entwerfen bzw. prinzipiell gestalten. Die Studierenden verstehen die Messwertverarbeitung und sind in der Lage, die Messung kurzzeitiger elektrischer Vorgänge durchzuführen, Messsignale auszuwerten und weiterzuverarbeiten.

### Vorkenntnisse

Elektrotechnik und elektrische Energietechnik auf dem Niveau eines Ingenieurstudienganges (BSc);  
Grundkenntnisse: Elektrische Meßtechnik, Elektrotechnische Geräte, Hochspannungstechnik

### Inhalt

Analoge und digitale Messtechnik und Signalverarbeitung, Analog-Digital-Umsetzung, Fehler, Aufbau und Arbeitsweise und Eigenschaften von DSO, Abtastverfahren, Betriebsarten, Trigger, Frequenzabhängigkeit, Messaufbauten (Bezugspotential, Erdung, Schirmung, potentialfreie Messung, Trenntransformator), Aufnehmer zur Spannungs- und Strommessung (Spannungsteiler, Tastkopf, Messwiderstand, Rogowski-Spule, Stromwandler) und deren Einsatz, Leitungen zur Signalübertragung (Koaxialkabel, Lichtwellenleiter)

### Medienformen

Tafel und Kreide; Folien; PowerPoint-Präsentationen; Bereitstellung von Folien und Präsentationen

### Literatur

Schwab, A.J.: Hochspannungsmeßtechnik: Meßgeräte und Meßverfahren, Springer, Berlin, 1981

Schon, K.: Stoßspannungs- und Stoßstrommesstechnik, Springer, Berlin, Heidelberg, 2010

Groh, H.: Hochspannungsmesstechnik, Strom- und Spannungsmessung bei transienten Vorgängen, Teilentladungsmessung, Impulsmesstechnik und Kabelfehlerortung, expert-Verlag, 1994

Richter, P.: Digitale Strom- und Spannungsmeßeinrichtung mit großer Bandbreite auf Hochspannungspotential, Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg, 1994

Becker, W.-J.; Bonfig, K. W.; Höing, K.: Handbuch Elektrische Meßtechnik, Hüthig Verlag, Heidelberg, 2000

Felderhoff, R.: Elektrische und elektronische Messtechnik: Grundlagen, Verfahren, Geräte und Systeme, Hanser, München, 2002

Meyer, G.: Oszilloskope, Hüthig, Heidelberg, 1997

Lerch, R.: Elektrische Meßtechnik : analoge, digitale und computergestützte Verfahren, 6. Auflage, Springer, Berlin, 2012

Cassing, W.; Hübner, K.D.: Elektromagnetische Wandler und Sensoren: Grundlagen, feldnumerische Berechnungen und Anwendungen, Ehningen bei Böblingen, expert-Verlag, 1989

CIGRE TB 593: Past, Present and Future of IEC And IEEE High-Voltage and High Current Testing Standards, Working Group D1.35, August 2014

Hickman, I.: Oscilloscopes, How to use them, how they work, 5th Ed., Newnes, Elsevier, Oxford, UK, 2001

Tektronix: XYZs of Oscilloscopes, 05/2001, 03W-8605-2, [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)

Weber, J.: Oscilloscope, Probe, Circuits, Circuit Concepts, Tektronix, Inc., 1969

Hoppe, P.: Übertragungsverhalten analoger Schaltungen, B. G. Teubner, Stuttgart, 1994

Zander, H.: Datenwandler : A/D- und D/A-Wandler, 2. Auflage, Vogel Verlag, Würzburg, 1990

Ahmed M.A. Ali: High Speed Data Converters, The Institution of Engineering and Technology, London, 2016

Schwab, A.J.; Kürner, W.: Elektromagnetische Verträglichkeit, 6. Auflage, Springer, Berlin, 2011

#### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Auslegung leistungselektronischer Schalter

Modulnummer: 100950

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Tobias Reimann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage, leistungselektronische Bauelemente für die Applikation sachgerecht auszuwählen und einzusetzen. Sie kennen die wesentlichsten Eigenschaften der Bauelemente. Sie sind fähig, die optimalen Verfahren zur Ansteuerung und zum Schutz anzuwenden. Sie können das thermische System beurteilen, Verlustleistungen abschätzen und Kühlsysteme auslegen. Sie kennen die Besonderheiten der Bauelemente bei Reihen- und Parallelschaltungen sowie in ZVS/ZCS-Applikationen.

The students are able to choose correctly power semiconductor devices for different typical applications. They should know the static and dynamic characteristics of state-of-the-art power switches. They are able to apply optimised control and protection technologies. They would be able to calculate the power losses and to design the cooling system. They will be familiar with the behaviour in parallel and series connection as well as in ZVS/ZCS application.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

- Grundlagen der Leistungselektronik  
Basics of Power Electronics
- Grundlagen elektronischer Bauelemente  
Basics of Semiconductor Devices

### Detailangaben zum Abschluss

## Auslegung leistungselektronischer Schalter

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100751

Prüfungsnummer: 2100487

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Tobias Reimann

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):116			SWS:3.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2168																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	1	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, leistungselektronische Bauelemente für die Applikation sachgerecht auszuwählen und einzusetzen. Sie kennen die wesentlichsten Eigenschaften der Bauelemente. Sie sind fähig, die optimalen Verfahren zur Ansteuerung und zum Schutz anzuwenden. Sie können das thermische System beurteilen, Verlustleistungen abschätzen und Kühlsysteme auslegen. Sie kennen die Besonderheiten der Bauelemente bei Reihen- und Parallelschaltungen sowie in ZVS/ZCS-Applikationen.

The students are able to choose correctly power semiconductor devices for different typical applications. They should know the static and dynamic characteristics of state-of-the-art power switches. They are able to apply optimised control and protection technologies. They would be able to calculate the power losses and to design the cooling system. They will be familiar with the behaviour in parallel and series connection as well as in ZVS/ZCS application.

### Vorkenntnisse

- Grundlagen der Leistungselektronik  
Basics of Power Electronics
- Grundlagen elektronischer Bauelemente  
Basics of Semiconductor Devices

### Inhalt

- Überblick zu Leistungshalbleiterbauelementen
- Grundlagen des Schaltens und der Kommutierung
- Aufbau, statisches und dynamisches Verhalten von Leistungshalbleiterbauelementen
- Datenblätter von Leistungshalbleiterbauelementen
- Auslegung leistungselektronischer Schalter
- Ansteuerung und Schutz
- Verfahren der Übertragung von Informationen und Hilfsenergie
- Varianten der Zustandserkennung von Schaltern
- Verluste in leistungselektronischen Schaltern
- Temperatur und Kühlung
- Aufbau und Verbindungstechnik, Zuverlässigkeit, Systemintegration
- Parallelschaltung, Reihenschaltung
- Eigenschaften als ZVS und ZCS
- overview power semiconductor devices
- basics of switching and commutation
- structure, static and dynamic behaviour of power semiconductor devices
- data sheets
- design of power electronic switches
- gate drive and protection
- auxiliary power supply and control signal transmission techniques
- status detection of switches
- power losses, temperature calculation, cooling
- packaging, reliability, system integration
- parallel and series connection
- behaviour under ZVS and ZCS conditions

## Medienformen

Skript, Datenblätter, Bücher, Internet  
script, data sheets, lab demonstration, books, internet

## Literatur

A. Wintrich:

Applikationshandbuch Leistungshalbleiter  
ISBN 978-3-938843-56-7 (2010)

A. Wintrich:

Application Manual Power Semiconductors  
ISBN 978-3-938843-66-6 (2011)

A. Volke:

IGBT Modules: Technologies, Driver and Application  
ISBN 978-3-00-040134-3 (2012)

B.J. Baliga:

Fundamentals of Power Semiconductor Devices  
ISBN 978-0-387-47313-0 (2008)

J. Lutz:

Halbleiter-Leistungsbaulemente: Physik, Eigenschaften, Zuverlässigkeit  
ISBN 978-3-540-34206-9 (2006)

J. Lutz:

Semiconductor Power Devices: Physics, Characteristics, Reliability  
ISBN 978-3-642-11124-2 (2011)

## Detailangaben zum Abschluss

keine

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EWT

## Modul: Technologische Stromversorgung

Modulnummer: 100951

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jürgen Petzoldt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage, Stromversorgungen für beliebige Anwendungen (spezifische Leistung, Ausgangsspannung, Ausgangsstrom) zu projektieren, zu dimensionieren und umzusetzen. Sie können für den geforderten Einsatzfall die geeignetste Grundschialtung auswählen und umsetzen. Sie sind fähig, analoge und digitale Steuerverfahren einzusetzen. Sie sind vertraut mit den Netzanschlußbedingungen, unter denen die Stromversorgung zuverlässig funktionieren soll. Sie können die Zuverlässigkeit von Schaltnetzteilen mit Hard- oder Softwaremaßnahmen wesentlich beeinflussen.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

- ingenieurwissenschaftliches Grundstudium
- Grundlagen der Leistungselektronik

### Detailangaben zum Abschluss

## Technologische Stromversorgung

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache:deutsch

Pflichtkennz.:Pflichtfach

Turnus:Sommersemester

Fachnummer: 100752

Prüfungsnummer:2100488

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jürgen Petzoldt

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):116			SWS:3.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2161																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	1	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, Stromversorgungen für beliebige Anwendungen (spezifische Leistung, Ausgangsspannung, Ausgangsstrom) zu projektieren, zu dimensionieren und umzusetzen. Sie können für den geforderten Einsatzfall die geeignetste Grundschaltung auswählen und umsetzen. Sie sind fähig, analoge und digitale Steuerverfahren einzusetzen. Sie sind vertraut mit den Netzanschlußbedingungen, unter denen die Stromversorgung zuverlässig funktionieren soll. Sie können die Zuverlässigkeit von Schaltnetzteilen mit Hard- oder Softwaremaßnahmen wesentlich beeinflussen.

### Vorkenntnisse

- ingenieurwissenschaftliches Grundstudium
- Grundlagen der Leistungselektronik

### Inhalt

- Klassifizierung von technologischen Stromquellen für

- Elektrolyseprozesse
- Erwärmungsprozesse (Widerstand, Induktion)
- Plasmastromversorgung
- Hochspannungsversorgung (Röntgen usw.)
- Laserstromversorgung

- Charakterisierung technologischer Prozesse nach den Parametern

- Strom
- Spannung
- Frequenz
- Schaltungstopologien, Funktionsweise
- Regelung und Netzrückwirkungen von Hochstromquellen, Hochspannungsquellen und Mittelfrequenzerzeugung

### Medienformen

Arbeitsblätter  
Simulationsmodelle  
Projektarbeit

### Literatur

wird in der Veranstaltung bekanntgegeben

### Detailangaben zum Abschluss

-

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013



## **Modul: Aktive Filter und Leistungsflussregelung in elektrischen Netzen**

Modulnummer: 100952

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jürgen Petzoldt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### **Lernergebnisse**

Die Studierenden sind in der Lage, die elektrischen Netze und Verbraucher zu analysieren und die richtigen Maßnahmen zur Verbesserung oder Absicherung der Energiequalität des Netzknotenpunktes zu ermitteln und die geeigneten Schaltungen zur Verbesserung der Eigenschaften auszuwählen. Sie können bei Verbrauchern geeignete, netzrückwirkungsarme einphasige und dreiphasige Stromversorgungen einsetzen. Sie sind fähig, bei vorhandenen elektrischen Netzen aktive Filter zu projektieren, auszulegen und in Betrieb zu setzen. Sie sind in der Lage, die Möglichkeiten zur Verbesserung der Energiequalität einzuschätzen und die geeigneten Filtertopologien auszuwählen. Sie können bei Notwendigkeit sehr große Systeme simulieren, diese analysieren, um optimale Strukturen und Parameter zu finden.

### **Vorraussetzungen für die Teilnahme**

- Grundlagen der Leistungselektronik
- Grundkenntnisse zum Simulationssystem Matlab/Simulink

### **Detailangaben zum Abschluss**

mündliche Prüfungsleistung, 45 Minuten

## Aktive Filter und Leistungsflussregelung in elektrischen Netzen

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5502 Prüfungsnummer: 2100227

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jürgen Petzoldt

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2161																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	2	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, die elektrischen Netze und Verbraucher zu analysieren und die richtigen Maßnahmen zur Verbesserung oder Absicherung der Energiequalität des Netzknotenpunktes zu ermitteln und die geeigneten Schaltungen zur Verbesserung der Eigenschaften auszuwählen. Sie können bei Verbrauchern geeignete, netzrückwirkungsarme einphasige und dreiphasige Stromversorgungen einsetzen. Sie sind fähig, bei vorhandenen elektrischen Netzen aktive Filter zu projektieren, auszulegen und in Betrieb zu setzen. Sie sind in der Lage, die Möglichkeiten zur Verbesserung der Energiequalität einzuschätzen und die geeigneten Filtertopologien auszuwählen. Sie können bei Notwendigkeit sehr große Systeme simulieren, diese analysieren, um optimale Strukturen und Parameter zu finden.

### Vorkenntnisse

- Grundlagen der Leistungselektronik - Grundkenntnisse zum Simulationssystem Matlab/Simulink - Stromrichtertechnik

### Inhalt

- Netzzückwirkung von Gleichrichterschaltungen - Filterkreise am Netzanschlusspunkt - Power Factor Correction (PFC)- Methoden • am einphasigen Netz • am Drehstromnetz - aktive Filter zur Oberschwingungskompensation • Parallelfilter (shunt active Filter) • Reihenfilter (series active Filter) • Hybridfilter (hybrid active Filter) - Energetische Betrachtungen des Zusammenwirkens des leistungselektronischen Stellgliedes mit dem elektrischen Netz - Anforderungen an die Steuerung und Regelung - einsetzbare Komponenten (technische Umsetzung) - Netzausfallerkennung - Simulation des Gesamtsystems - Probleme der elektromagnetischen Verträglichkeit - Leistungselektronische Betriebsmittel zur Erhöhung der Netzstabilität

### Medienformen

Arbeitsblätter, Simulationsmodelle, Rechnerübung, praktische Messungen an Versuchsanlagen, Projektarbeit

### Literatur

- Tagungsbände der bekannten internationalen Leistungselektroniktagungen des IEEE - IEEE-Zeitschriften "Transactions on Power Electronics", "Transactions on Industrial Applications"

### Detailangaben zum Abschluss

mündliche Prüfung, 45 Minuten

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## **Modul: Modellbildung und Simulation in leistungselektronischen Systemen**

Modulnummer: 100953

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jürgen Petzoldt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### **Lernergebnisse**

Die Studierenden sind in der Lage, die für das zu lösende Problem geeigneten Simulationssysteme auszuwählen. Sie sind befähigt, die verschiedenen Simulationssysteme entsprechend der erforderlichen Näherungsstufe gezielt einzusetzen und zu parametrieren.

### **Vorraussetzungen für die Teilnahme**

ingenieurtechnisches Grundlagenstudium

### **Detailangaben zum Abschluss**

- mündliche Prüfungsleistung, 30 Minuten

## Modellbildung und Simulation in leistungselektronischen Systemen

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100753 Prüfungsnummer: 2100489

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jürgen Petzoldt

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2161																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2 1 1																							

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, die für das zu lösende Problem geeigneten Simulationssysteme auszuwählen. Sie sind befähigt die verschiedenen Simulationssysteme entsprechend der erforderlichen Näherungsstufe gezielt einzusetzen und zu parametrieren.

### Vorkenntnisse

ingenieurtechnisches Grundlagenstudium  
 Des Weiteren werden das Fach "Leistungselektronik 1 - Grundlagen" (aus dem Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik, Vertiefung: Energietechnik) oder Fächer vergleichbaren Inhaltes sowie das Fach "Modellbildung und Simulation in der Energietechnik" dringend empfohlen.

### Inhalt

- Modellierung leistungselektronischer Grundsaltungen in unterschiedlichen Modellebenen mit Matlab (Simulink, SimPowerSystems)
- kontinuierliche Modelle von Schaltnetzwerken
- Lineare und nichtlineare Mittelwertmodelle
- Mittelwertmodelle mit Grund- und Oberschwingungsfunktion
  - Diskontinuierliche Modelle mit idealen Schaltern mit und ohne Kommutierung
  - Zwei- und Dreipolige Schaltermodelle
  - Numerische Integrationsverfahren
  - Signalanalyse

### Medienformen

Tafel, Arbeitsblätter, Rechnerübung, Simulationsmodelle

### Literatur

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Ansteuerautomaten

Modulnummer: 100954

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jürgen Petzoldt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage, Ansteuerschaltungen für verschiedene leistungselektronische Schaltungen zu projektieren, zu dimensionieren und umzusetzen. Sie können das für den geforderten Einsatzfall am besten geeignete Verfahren auswählen und umsetzen. Sie sind befähigt, analoge und digitale Ansteuerverfahren und deren Realisierung umzusetzen. Sie sind mit einsetzbaren typischen Softwareentwurfswerkzeugen vertraut, können diese für programmierbare Logikschaltkreise und für ausgewählte Mikrorechner anwenden. Sie können spezielle Ansteuerschaltkreise auswählen und die notwendigen Beschaltungen für die Applikation umsetzen und in Betrieb nehmen.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Grundlagen der digitalen Schalttechnik Grundlagen der Leistungselektronik

### Detailangaben zum Abschluss

## Ansteuerautomaten

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5503

Prüfungsnummer: 2100159

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jürgen Petzoldt

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2161																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	2	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, Ansteuerschaltungen für verschiedene leistungselektronische Schaltungen zu projektieren, zu dimensionieren und umzusetzen. Sie können das für den geforderten Einsatzfall am besten geeignete Verfahren auswählen und umsetzen. Sie sind befähigt, analoge und digitale Ansteuerverfahren und deren Realisierung umzusetzen. Sie sind mit einsetzbaren typischen Softwareentwurfswerkzeugen vertraut, können diese für programmierbare Logikschaltkreise und für ausgewählte Mikrorechner anwenden. Sie können spezielle Ansteuerschaltkreise auswählen und die notwendigen Beschaltungen für die Applikation umsetzen und in Betrieb nehmen.

### Vorkenntnisse

- Grundlagen der digitalen Schaltungstechnik
- Grundlagen der Leistungselektronik

### Inhalt

- Ansteuerung von DC-DC-Stellern
- Ansteuerverfahren netzgelöschter Stromrichter
- Prinzip der Zündverzögerung
- PLL-Strukturen zur Netzsynchronisation
- Ansteuerautomat für Pulswechselrichter mit Unterschwingungsverfahren und Raumvektormodulation
- Applikation mit programmierbarer Logik, Mikrocontroller und DSP
- Realisierung mit Mikrocontroller (8 bis 32 bit) für kleine und hohe Pulsfrequenzen
- Realisierung mit programmierbarer Logik (GAL, FPGA, CPLD)
- Logikentwurf mit VHDL

### Medienformen

Arbeitsblätter Programmierung von Controllern und Logikschaltkreisen, Projektarbeit, Simulationen

### Literatur

Beschreibung/Dokumentation der Programmierertools für programmierbare Logik von den Firmen XILINX und Altera

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
 Master Fahrzeugtechnik 2009  
 Master Fahrzeugtechnik 2014  
 Master Mechatronik 2008  
 Master Mechatronik 2014  
 Master Mechatronik 2017  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET



## **Modul: Elektromagnetische Verträglichkeit in der Energietechnik**

Modulnummer: 101716

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

Lernergebnisse

Vorraussetzungen für die Teilnahme

Detailangaben zum Abschluss



## Elektromagnetische Verträglichkeit in der Energietechnik

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 60 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: deutsch Pflichtkennz.: Wahlpflichtfach Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 101717 Prüfungsnummer: 2100552

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):116			SWS:3.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2162																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2 0 1																										

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage die elektromagnetische Beeinflussung von verschiedenen Störquellen, Übertragungswegen zu analysieren und zu bewerten. Sie kennen grundlegende Mess- und Prüfverfahren sowie normative und regulatorische Anforderungen. Sie sind in der Lage einfache Entstör- und Designmaßnahmen zu entwerfen.

### Vorkenntnisse

Mathematik 1 - 3, Physik 1 - 2, Elektrotechnik 1 - 2, Theoretische Elektrotechnik 1 - 2, Elektrische Energietechnik

### Inhalt

Begriffsbestimmungen, EMV-Beeinflussungsmodell, Anforderungen an Gerätehersteller (EU-Richtlinien), Beschreibung im Zeit- und Frequenzbereich, Störpegel und Störabstände, Rechnung mit linearen und logarithmischen Einheiten, Störquellen und Störgrößen, EMV-Eigenschaften von Freileitungen, Kabeln, Transformatoren, Umrichtern, Beleuchtungseinrichtungen, Eigenschaften galvanischer, kapazitiver, induktiver und elektromagnetischer Kopplung, stationäre und transiente Störgrößen, Ableitung von Gegenmaßnahmen (Filterung/Schirmung), Störaussendungsmesstechnik DC bis GHz, Störfestigkeitsprüfungen ESD, HF, BURST, SURGE, DIPS, praktische Durchführung von EMV-Messungen

### Medienformen

Es wird der Tafelvortrag ergänzt durch Zusammenfassung/Wiederholung mittels vorgefertigter Darstellungen (Powerpoint-Präsentation) bevorzugt.  
Für ausgewählte dynamische Vorgänge und Prozesse werden Videopräsentationen gezeigt.  
Anschauungsmaterial (Muster), Laborversuche und Betriebsbesuche ergänzen das Lehrangebot.  
Alle wesentlichen Darstellungen (Bilder und Tafeln) werden in gedruckter Form an die Studenten ausgegeben.

### Literatur

Adolf J. Schwab: Elektromagnetische Verträglichkeit, ELT ZN 4050 S398(6)  
Arnold Rodewald: Elektromagnetische Verträglichkeit, ELT ZN 4050 R689  
K.-H. Gonschorek: Elektromagnetische Verträglichkeit, ELT ZN 4050 G639

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Energieeinsatzoptimierung - Grundlagen

Modulnummer: 101789

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Bretschneider

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

#### Kennenlernen

- Energieversorgungssysteme Strom, Gas und Wärme/Kälte
- Liberalisierte Energiemärkte Strom und Gas
- Grundlagen energietechnischer und energiewirtschaftlicher Prozesse: Regulatorische Rahmenbedingungen, Markt- und Kommunikationsprozesse, Märkte sowie Kopplung kaufmännischer und technischer Prozesse

- Methoden zur Primärdatenaufbereitung
- Grundlagen zur Energieprognose und Energieeinsatzoptimierung
- Methoden und Prozesse für das Energiemanagement und Energiedatenmanagement
- Aufbau und Funktionsweise energiewirtschaftlicher und energietechnischer Entscheidungshilfe- /

#### Betriebsführungssysteme

- Digitalisierung der Energiewirtschaft als Ausblick in die Zukunft

#### Erwerb von Kompetenzen

- IT-Verarbeitungs- und Kommunikationsprozesse in liberalisierten Energiemärkten
- Aufstellen von Stoff- und Energiebilanzen und Ermittlung der ökologischen und ökonomischen Randbedingungen

- Selbstständige Durchführung von Zeitreihenanalysen
- Anwendung von Verfahren zur Energieeinsatzoptimierung

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

### Detailangaben zum Abschluss

## Energieeinsatzoptimierung - Grundlagen

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: deutsch

Pflichtkennz.: Wahlpflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 101785

Prüfungsnummer: 2100576

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Peter Bretschneider

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2167																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Kennenlernen

- Energieversorgungssysteme Strom, Gas und Wärme/Kälte
  - Liberalisierte Energiemärkte Strom und Gas
  - Grundlagen energietechnischer und energiewirtschaftlicher Prozesse: Regulatorische Rahmenbedingungen, Markt- und Kommunikationsprozesse, Märkte sowie Kopplung kaufmännischer und technischer Prozesse
  - Methoden zur Primärdatenaufbereitung
  - Grundlagen zur Energieprognose und Energieeinsatzoptimierung
  - Methoden und Prozesse für das Energiemanagement und Energiedatenmanagement
  - Aufbau und Funktionsweise energiewirtschaftlicher und energietechnischer Entscheidungshilfe- / Betriebsführungssysteme
  - Digitalisierung der Energiewirtschaft als Ausblick in die Zukunft
- Erwerb von Kompetenzen

- IT-Verarbeitungs- und Kommunikationsprozesse in liberalisierten Energiemärkten
- Aufstellen von Stoff- und Energiebilanzen und Ermittlung der ökologischen und ökonomischen Randbedingungen
- Selbstständige Durchführung von Zeitreihenanalysen
- Anwendung von Verfahren zur Energieeinsatzoptimierung

### Vorkenntnisse

- Ingenieurwissenschaftliches Grundstudium
- Grundlagen der Elektrotechnik, Mathematik

### Inhalt

Einführung in die Energieeinsatzoptimierung: Energietechnische und energiewirtschaftliche Grundlagen; Liberalisierte Energiemärkte mit den resultierenden Marktrollen und zu unterstützenden Marktkommunikations- und Informationsverarbeitungsprozesse; Grundlagen zur Primärdatenaufbereitung, Zeitreihenanalyse- und -prognose sowie zur Energieeinsatzoptimierung; Aufbau und Funktion von Energiemanagement- und Energiedatenmanagementsystemen

### Medienformen

Vorlesungsfolien, Tafelbilder

### Literatur

- Jürgen Wernstedt: „Experimentelle Prozessanalyse“; Verlag Technik, Berlin
- R. Schlittgen; B. Streitberg: „Zeitreihenanalyse“, R. Oldenbourg Verlag GmbH, München
- J. Frederic Bonnans, J. Charles Gilbert, Claude Lemarechal, Claudia A. Sagastizabal: „Numerical Optimization“, Springer

- Bazaraa, Sherali, Shetty: „Nonlinear Programming: Theory and Algorithms“, Wiley
- Hans-Jürgen Zimmermann: Operations Research Methoden und Modelle. Für Wirtschaftsingenieure, Betriebswirte und Informatiker. Friedrich Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH

Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Energieeinsatzoptimierung multimodaler Energieversorgungssysteme

Modulnummer: 101790

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Bretschneider

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

#### Kennenlernen

- Versorgungsmedien- und sektorenübergreifende Energiesysteme
- Methoden zur Energieprognose:
  - Energiebedarfsprognose für die Energieversorgung mit Strom, Gas, Wärme/Kälte
  - Fluktuierende Einspeisungen von Windkraftanlagen und PV-Anlagen
  - Zeitreihenanalysemethoden zur Identifikation der charakteristischen Eigenschaften und exogenen

#### Einflussgrößen

- Modellbildung: Entwurf und Konzeption von Vorhersagemodellen, deterministische und stochastische Zeitreihenmodelle, Analytische Modelle (Ein- und Ausgangsmodelle, Zustandsmodelle), Linguistische Modelle (z. B. Fuzzy-Modelle), Konnektionistische Modelle (z.B. KNN)
  - Methoden zur Modellvalidierung und -interpretation
- Methoden zur Energieeinsatzoptimierung:

- Optimierungsverfahren und deren Anwendungsgebiete
- Erstellung der Optimierungsaufgabe
- Identifikation der Problemstellung, Festlegung des Bilanzraumes
- Identifikation der Optimierungsgrößen und der Randbedingungen
- Modellierung von Optimierungsaufgaben
- Szenarien- und Variantenrechnung

#### Erwerb von Kompetenzen

- Einsatz der kennengelernten Methoden zur Zeitreihenanalyse und Zeitreihenprognose
- Aufstellen von Stoff- und Energiebilanzen und Ermittlung der ökologischen und ökonomischen

#### Randbedingungen

- Auswahl und Anwendung von Verfahren zur Energieeinsatzoptimierung
- Selbstständige Durchführung von Zeitreihenanalysen und Ableitung von Prognosemodellen
- Eigenständige Erstellung, Modellierung und Aufbau von Optimierungsmodellen
- Praktische Befähigung durch rechnergestützte Übungen zur Energieprognose und zur

#### Energieeinsatzoptimierung

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

### Detailangaben zum Abschluss

## Energieeinsatzoptimierung multimodaler Energieversorgungssysteme

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache:deutsch Pflichtkennz.:Wahlpflichtfach Turnus:Wintersemester

Fachnummer: 101786 Prüfungsnummer:2100577

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Peter Bretschneider

Leistungspunkte: 5		Workload (h):150		Anteil Selbststudium (h):105		SWS:4.0																													
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik						Fachgebiet:2167																													
SWS nach Fach- semester	1.FS		2.FS		3.FS		4.FS		5.FS		6.FS		7.FS		8.FS		9.FS		10.FS																
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P		

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Kennenlernen

- Versorgungsmedien- und sektorenübergreifende Energiesysteme
- Methoden zur Energieprognose:
  - Energiebedarfsprognose für die Energieversorgung mit Strom, Gas, Wärme/Kälte
  - Fluktuierende Einspeisungen von Windkraftanlagen und PV-Anlagen
  - Zeitreihenanalysemethoden zur Identifikation der charakteristischen Eigenschaften und exogenen Einflussgrößen
    - Modellbildung: Entwurf und Konzeption von Vorhersagemodellen, deterministische und stochastische Zeitreihenmodelle, Analytische Modelle (Ein- und Ausgangsmodelle, Zustandsmodelle), Linguistische Modelle (z.B. Fuzzy-Modelle), Konnektionistische Modelle (z.B. KNN)
      - Methoden zur Modellvalidierung und -interpretation
  - Methoden zur Energieeinsatzoptimierung:
    - Optimierungsverfahren und deren Anwendungsgebiete
    - Erstellung der Optimierungsaufgabe
    - Identifikation der Problemstellung, Festlegung des Bilanzraumes
    - Identifikation der Optimierungsgrößen und der Randbedingungen
    - Modellierung von Optimierungsaufgaben
    - Szenarien- und Variantenrechnung

#### Erwerb von Kompetenzen

- Einsatz der kennengelernten Methoden zur Zeitreihenanalyse und Zeitreihenprognose
- Aufstellen von Stoff- und Energiebilanzen und Ermittlung der ökologischen und ökonomischen Randbedingungen
  - Auswahl und Anwendung von Verfahren zur Energieeinsatzoptimierung
  - Selbstständige Durchführung von Zeitreihenanalysen und Ableitung von Prognosemodellen
  - Eigenständige Erstellung, Modellierung und Aufbau von Optimierungsmodellen
  - Praktische Befähigung durch rechnergestützte Übungen zur Energieprognose und zur Energieeinsatzoptimierung

#### Vorkenntnisse

- Ingenieurwissenschaftliches Grundstudium
- Grundlagen der Elektrotechnik, Mathematik
- Energieeinsatzoptimierung - Grundlagen

#### Inhalt

Energieeinsatzoptimierung für multimodale Energiesysteme: Versorgungsmedien- und sektorenübergreifende Energiesysteme, Zeitreihenanalyse- und -prognose: Mathematische Methoden zur Analyse und Identifikation von linearen und nichtlinearen Energiezeitreihen (Bedarf, und Erzeugung), Erstellung geeigneter Prognosemodelle und Methoden zur Bewertung der Prognosegüte; Verfahren zur Energieeinsatzoptimierung: Linear, gemischt ganzzahlig und nichtlinear; Vorgehensweise zur Modellierung und Erstellung von mathematischen Optimierungsaufgaben; Übungen zur Energieprognose und zur Energieeinsatzoptimierung

#### Medienformen

Vorlesungsfolien, Tafelbilder

#### Literatur

- Jürgen Wernstedt: „Experimentelle Prozessanalyse“; Verlag Technik, Berlin
- R. Schlittgen; B. Streitberg: „Zeitreihenanalyse“, R. Oldenbourg Verlag GmbH, München
- Lothar Sachs: „Angewandte Statistik – Anwendung statistischer Methoden“, 9. Auflage, Springer-Verlag,
  - J. Frederic Bonnans, J. Charles Gilbert, Claude Lemarechal, Claudia A. Sagastizabal: „Numerical Optimization“, Springer,
  - Bazaraa, Sherali, Shetty: „Nonlinear Programming: Theory and Algorithms“, Wiley
  - Luenberger: Linear and Nonlinear Programming, Addison-Wesley
  - Hans-Jürgen Zimmermann: Operations Research Methoden und Modelle. Für Wirtschaftsingenieure, Betriebswirte und Informatiker., Friedrich Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH

#### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Technisch-wissenschaftliches Spezialseminar

Modulnummer: 100916

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Kennenlernen

- Wissenschaftliches Arbeiten

Erwerb von Kompetenzen

- Selbstständiges lösen eines speziellen wissenschaftlichen Problems der gewählten Vertiefungsrichtung

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Grundkenntnisse elektrische Energiesysteme und vertiefende Kenntnisse in der gewählten Vertiefungsrichtung

### Detailangaben zum Abschluss



## Technisch-wissenschaftliches Spezialseminar

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100727

Prüfungsnummer: 2100470

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):116			SWS:3.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				0	3	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Kennenlernen

- Wissenschaftliches Arbeiten

Erwerb von Kompetenzen

- Selbstständiges lösen eines speziellen wissenschaftlichen Problems der gewählten Vertiefungsrichtung

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse elektrische Energiesysteme und vertiefende Kenntnisse in der gewählten Vertiefungsrichtung

### Inhalt

- Ausgewählt aus aktuellen Forschungsgebieten der gewählten Spezialisierung

### Medienformen

PC

### Literatur

- Entsprechend der aktuellen Forschungsschwerpunkte und gewählter Vertiefungsrichtung

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Interdisziplinäres Seminar

Modulnummer: 100917

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

- Interdisziplinäres wissenschaftliches Arbeiten
- Lösen fachgebietsübergreifender Aufgabenstellungen

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Erfolgreicher Abschluss aller Grundlagenfächer des Studiengangs EPCE und der Fächer der gewählten Vertiefungsrichtung aus dem 2. Fachsemester

### Detailangaben zum Abschluss



## Modul: Innovationsarbeit

Modulnummer: 100918

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

- Interdisziplinäres wissenschaftliches Arbeiten
- Bearbeitung fachgebietsübergreifender Aufgabenstellungen

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Erfolgreicher Abschluss aller Grundlagenfächer des Studiengangs EPCE und der Fächer der gewählten Vertiefungsrichtung aus dem 2. Fachsemester

### Detailangaben zum Abschluss

## Abschlusskolloquium zur Innovationsarbeit

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 101125

Prüfungsnummer: 2100531

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 0			Workload (h):0			Anteil Selbststudium (h):0			SWS:0.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Zusammenfassen eines komplexen Themas auf Kernaussagen
- Erstellen einer wissenschaftlichen Präsentation
- Diskussion der eigenen Arbeit mit Fachpublikum

### Vorkenntnisse

Erfolgreicher Abschluss schriftlichen Innovationsarbeit

### Inhalt

- Mündl. Präsentation der Bearbeitung und Ergebnisse eines Forschungsprojekts (Innovationsarbeit)

### Medienformen

Literatur, PC, Präsentationen

### Literatur

Nach Massgabe der Innovationsarbeit

### Detailangaben zum Abschluss

mündliche Verteidigung

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Innovationsarbeit

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 450 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache:deutsch

Pflichtkennz.:Pflichtfach

Turnus:ganzjährig

Fachnummer: 100729

Prüfungsnummer:2100472

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 15			Workload (h):450			Anteil Selbststudium (h):450			SWS:0.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							450 h																							

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden lernen interdisziplinär wissenschaftlich zu arbeiten. Die Studierenden werden in die Lage versetzt, fachübergreifende Aufgaben zu lösen. Bearbeitet werden praxisnahe Themen aus Industrie- und Forschungsprojekten.

### Vorkenntnisse

Abschluss der vorhergehenden Lehrveranstaltungen

### Inhalt

Die Studierenden sollen ein kleines Forschungsprojekt durchführen, dass sich aus aktuellen Forschungsaufgaben ihrer Spezialisierung ergibt. Abhängig vom notwendigen Wissensstand für ein Teilprojekt, erfahren die Studierenden ein spezielles Training on the job, um ihr Wissen aus den Vorlesungen bezüglich der Projektarbeit zu erweitern. Die Studenten lernen das Durchführung und Managen von Forschungs- und innovativen Projekten.

### Medienformen

Skript, Präsentation

### Literatur

Aktuelle Literatur und Patente zu den Forschungsprojekten werden von dem Fachverantwortlichen empfohlen.

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

## Modul: Master-Arbeit mit Kolloquium

Modulnummer: 100919

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

- Vertiefung bisher erworbener Kenntnisse innerhalb der gewählten Vertiefungsrichtung
- Beurteilung komplexer und konkreter Problemstellungen
- Selbstständiges Lösen von Problemstellungen unter Anwendung der bisher erworbenen Theorie- und Methodenkompetenz
- Wissenschaftliche Dokumentation der Arbeit
- Problemlösungskompetenz
- Kritisches Urteilsvermögen über die eigene Arbeit
- Darstellung von Forschungsergebnissen in komprimierter Form für ein allgemeines Publikum
- Führen wissenschaftlicher Diskussionen

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Erfolgreicher Abschluss aller Pflicht- und Wahlpflichtveranstaltungen des Studiengangs EPCE mit einem Gesamtumfang von 90LP

### Detailangaben zum Abschluss

## Kolloquium zur Master-Arbeit

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache:

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: unbekannt

Fachnummer: 8130

Prüfungsnummer: 99002

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):150			SWS:0.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Vertiefung bisher erworbener Kenntnisse innerhalb der gewählten Vertiefungsrichtung
- Beurteilung komplexer und konkreter Problemstellungen
- Selbstständiges Lösen von Problemstellungen unter Anwendung der bisher erworbenen Theorie- und Methodenkompetenz
- Wissenschaftliche Dokumentation der Arbeit
- Problemlösungskompetenz
- Kritisches Urteilsvermögen über die eigene Arbeit
- Darstellung von Forschungsergebnissen in komprimierter Form für ein allgemeines Publikum
- Führen wissenschaftlicher Diskussionen

### Vorkenntnisse

Erfolgreicher Abschluss aller Pflicht- und Wahlpflichtveranstaltungen des Studiengangs EPCE mit einem Gesamtumfang von 90LP

### Inhalt

- Selbstständiges Bearbeiten einer fachspezifischen wissenschaftlichen Themas
- Konzeption eines Arbeitsplanes
- Einarbeitung in die Literatur
- Erarbeitung und Anwendung notwendiger wissenschaftlicher Methoden
- Diskussion der Ergebnisse
- Erstellung einer wissenschaftlichen Arbeit
- Erstellung einer wissenschaftlichen Präsentation
- Durchführung einer Präsentation
- Wissenschaftliche Diskussion der Inhalte

### Medienformen

PC

### Literatur

Nach Massgabe der Masterarbeit

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2008

Master Electrical Power and Control Engineering 2013



## Masterarbeit

Fachabschluss: Masterarbeit schriftlich 6 Monate

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: unbekannt

Fachnummer: 5865

Prüfungsnummer: 99001

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 25			Workload (h):750			Anteil Selbststudium (h):750			SWS:0.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2164																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
										900 h																				

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Vertiefung bisher erworbener Kenntnisse innerhalb der gewählten Vertiefungsrichtung
- Beurteilung komplexer und konkreter Problemstellungen
- Selbstständiges Lösen von Problemstellungen unter Anwendung der bisher erworbenen Theorie- und Methodenkompetenz
- Wissenschaftliche Dokumentation der Arbeit
- Problemlösungskompetenz
- Kritisches Urteilsvermögen über die eigene Arbeit
- Darstellung von Forschungsergebnissen in komprimierter Form für ein allgemeines Publikum
- Führen wissenschaftlicher Diskussionen

### Vorkenntnisse

Erfolgreicher Abschluss aller Pflicht- und Wahlpflichtveranstaltungen des Studiengangs EPCE mit einem Gesamtumfang von 90LP

### Inhalt

- Selbstständiges Bearbeiten einer fachspezifischen wissenschaftlichen Themas
- Konzeption eines Arbeitsplanes
- Einarbeitung in die Literatur
- Erarbeitung und Anwendung notwendiger wissenschaftlicher Methoden
- Diskussion der Ergebnisse
- Erstellung einer wissenschaftlichen Arbeit
- Erstellung einer wissenschaftlichen Präsentation
- Durchführung einer Präsentation
- Wissenschaftliche Diskussion der Inhalte

### Medienformen

PC

### Literatur

Nach Massgabe der Masterarbeit

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2008

Master Electrical Power and Control Engineering 2013



## **Glossar und Abkürzungsverzeichnis:**

LP	Leistungspunkte
SWS	Semesterwochenstunden
FS	Fachsemester
V S P	Angabe verteilt auf Vorlesungen, Seminare, Praktika
N.N.	Nomen nominandum, Platzhalter für eine noch unbekannte Person (wikipedia)
Objekttypen lt. Inhaltsverzeichnis	K=Kompetenzfeld; M=Modul; P,L,U= Fach (Prüfung,Lehrveranstaltung,Unit)